Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МДК02.02 ВНУТРЕННЕЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

**ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

**Методические рекомендации**

**по выполнению практических работ**

для студентов специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск, 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских зданий» | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол №  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ г.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ С.А.Чиняева / | УТВЕРЖДАЮ  Зам. директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ г. |

**Согласовано:**

Пережогин А.А. – главный инженер ООО «УК ЮУЭМ-два»

**Автор(ы):**Гнетова С.Н. преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа

## **.**

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка | 4 |
| **Практическая работа № 1**Выполнение строительных чертежей с использованием компьютерных графических редакторов | 6 |
| **Практическая работа № 2**  Выполнение схем внутрицехового электроснабжения с использованием компьютерных графических редакторов | 9 |
| **Практическая работа № 3**  Выполнение электрических принципиальных схем с использованием компьютерных графических редакторов | 13 |
| **Практическая работа № 4**Расчет токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением до 1 кВ | 17 |
| **Практическая работа №5**  Расчет электрических нагрузок низковольтного распределительного устройства методом упорядоченных диаграмм | 22 |
| **Практическая работа №6**  Расчет осветительной нагрузки методом удельной мощности | 35 |
| **Практическая работа №7**  Расчет и выбор сечения проводников по нагреву | 40 |
| **Практическая работа №8**  Выбор аппаратов защиты электрических сетей до 1 кВ | 56 |
| **Практическая работа №9**  Выбор сечения проводников с учетом аппаратов защиты | 61 |
| **Практическая работа №10**  Выбор сечения проводников по потери напряжения | 64 |
| **Практическая работа №11**  Выбор схемы подключения, числа и типа компенсирующих устройств в сетях напряжением до 1 кВ | 65 |
| **Практическая работа №12**  Расчет электрических нагрузок цеха. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховой подстанции | 87 |
| **Практическая работа №13**  Расчет заземляющего устройства подстанции 6-10/0,4 кВ | 100 |
| **Практическая работа №14**  Расчет электрических нагрузок гражданского здания | 118 |
| **Практическая работа №15**  Расчет осветительных сетей гражданского здания | 122 |
| Список используемых источников | 126 |
| **Приложение А.** Титульный лист отчетных работ | 127 |

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Данные методические рекомендации предназначены для реализации основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» в рамках междисциплинарного курса МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» является частью профессионального модуля ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании» на этапе выполнения практических работ.

Программой МДК 02.02 предусмотрено выполнение 15 практических работ. Содержание заданий практических работ направлено на ***формирование элементов следующих компетенций:***

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере;

***умений:***

составлять отдельные разделы проекта производства работ;

выполнять расчет электрических нагрузок;

осуществлять выбор электрооборудования на разных уровнях напряжения;

подготавливать проектную документацию на объект с использованием персонального компьютера;

***обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:***

государственных, отраслевых нормативных документов по монтажу электрооборудования;

номенклатуры наиболее распространенного электрооборудования, кабельной продукции и электромонтажных изделий;

основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;

правил оформления текстовых и графических документов.

Для выполнения практических работ поМДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» обучающийся должен использовать:

1. знания и умения, полученные при изучении следующих дисциплин и МДК специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»:

* математика;
* инженерная графика;
* электротехника;
* электрические машины;
* информационные технологии в профессиональной деятельности;

1. знания, полученные при изучении теоретического курса МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»;

Сформированные элементы общих и профессиональных компетенций, а также полученные знания и умения при выполнении практических работ по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» обучающиеся могут использовать:

1. при изучении МДК02.01 «Монтаж электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и МДК02.03 «Наладка электрооборудования» ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских здании»;
2. при изучении МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» и МДК03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей» ПМ.03 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»;
3. при подготовке к итоговой государственной аттестации по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

При выполнении практических заданий по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» необходимо применять международную систему СИ и правила выполнения планов и электрических схем в соответствии со стандартами ЕСКД.

Результаты выполнения практических работ оформляются в виде отчетных работ.

Каждая отчетная работа обучающихся должна содержать следующие разделы:

1. номер, название и цель работы;
2. формулировка задания и исходные данные
3. описание последовательности выполнения задания (с формулами, расчетами, планами, схемами, таблицами и т.п.);
4. выводы по результатам выполнения практической работы.

Все отчетные работы по практическим работам представляются преподавателю в одной папке с титульным листом, оформленным в соответствии с Приложением А.

Разрешается выполнение отчетных работ в виде рабочей тетради по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Отчетные работы выполняются в установленные сроки и сдаются преподавателю на проверку. Каждая отчетная работа обязательно защищается. Оценка выставляется с учетом рекомендуемых критериев оценки выполнения.

***К промежуточной аттестации по МДК02.02 допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все практические работы и защитившие отчетные работы.***

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

### Практическая работа № 1

**Выполнение строительных чертежей с использованием**

**компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять строительных чертежи промышленного объекта с использованием компьютерных графических редакторов в соответствии с требованиями нормативных документов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* правил оформления графических документов;

*умения:*

* составлять отдельные разделы проекта производства работ;
* подготавливать проектную документацию на объект с использованием персонального компьютера;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообо-рудования;

ОК 01Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

***Теоретический материал***

Наиболее ярким представителями систем автоматизированного проектирования отечественных разработчиков в настоящее время являются системы:

1. КОМПАС-График;
2. AutoCad;
3. NanoCad.

Выполнение строительных чертежей с использованием представленных графических редакторов представляет собой применение стандартных элементов из типовых библиотек:

– архитектурно-строительной;

– СПДС-обозначений;

– отрисовки планов зданий и сооружений;

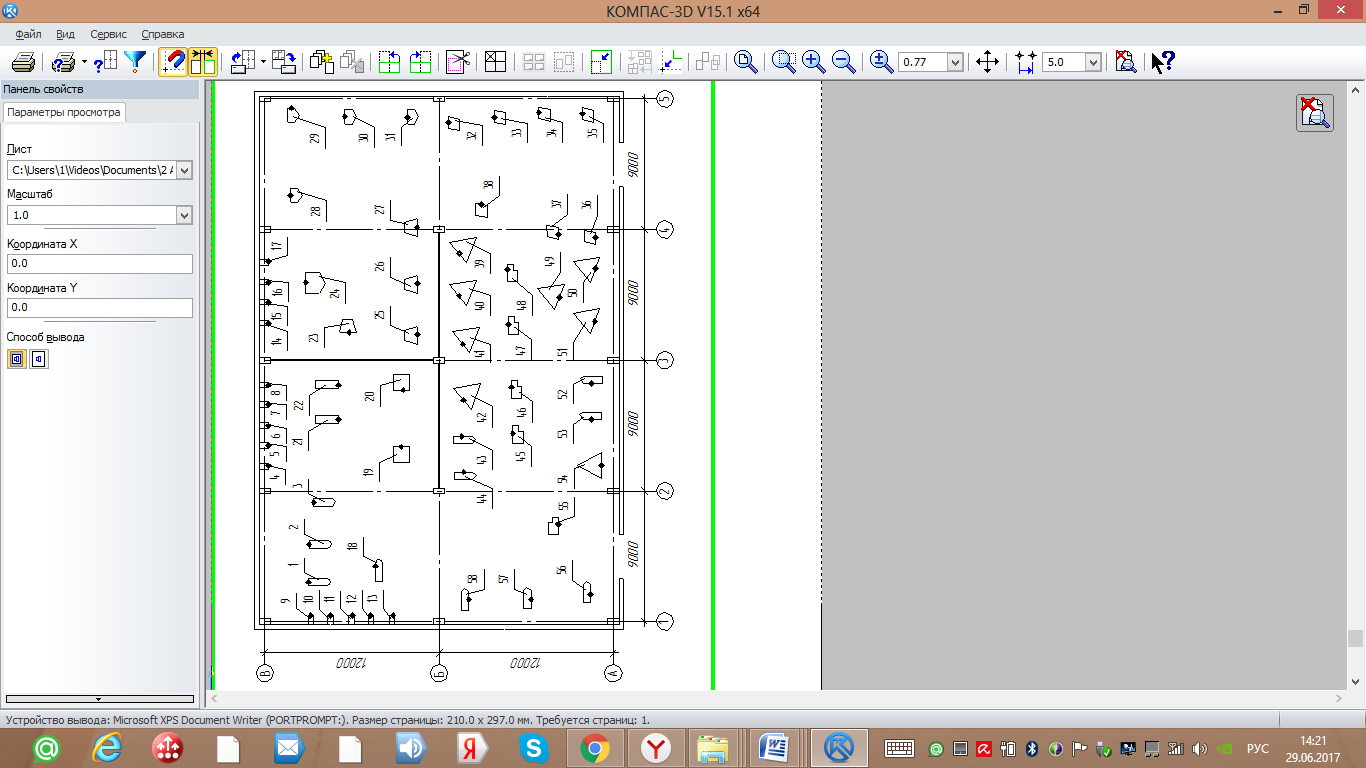
– проектирования инженерных систем (электрических сетей, вентиляции, отопления, водоснабжение - водоотведение, охранная и пожарная сигнализация и т.п.).

Изображенияузлов,представленных в библиотеках, соответствуют требованиям ГОСТ Р 21.1101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документациии ГОСТ 21.501-2018 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений.

Для выполнения строительных чертежей с использованием компьютерных графических редакторов предлагается следующая последовательность:

1. создание документа типа «Чертеж»;
2. выбор параметров листа (формат и оформление);
3. создание вида (с выбором масштаба чертежа);
4. построение осевых линий (через «Менеджер библиотек»);
5. построение колонн;
6. построение стен;
7. выполнение входов и въездов в здание;
8. расстановка размерных линий;
9. выполнение спецификации;
10. заполнение штампов.

При выполнении задания необходимо использовать знания, полученные на дисциплине «Инженерная графика».

Для более подробного рассмотрения функций графического редактора КОМПАС-График рекомендуется использовать методические рекомендации фирмы-разработчика АСКОН «Азбука КОМПАС-График. Строительная конфигурация».

Фрагмент выполнения строительного чертежа с использованием графического редактора «КОМПАС-График» представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Фрагмент выполнения строительного чертежа с использованием

графического редактора «КОМПАС-График»

Пример заполнения основной надписи строительного чертежа выполненного с использованием графического редактора «КОМПАС-График» представлен на рисунке 2.

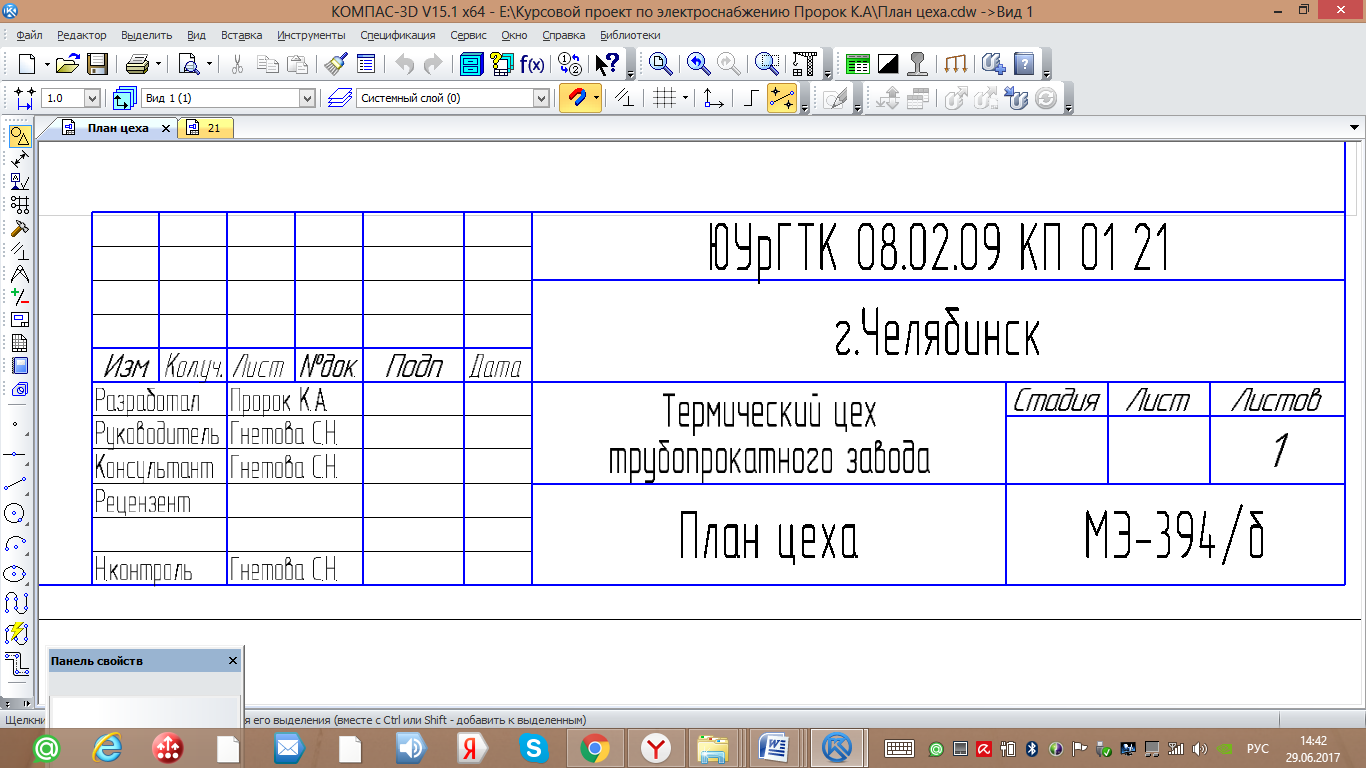


Рисунок 2 – Пример заполнения основной надписи строительного чертежа

Пример заполнения спецификации электрооборудования на чертеже, выполненном с использованием графического редактора «КОМПАС-График», представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример заполнения спецификации электрооборудования на чертеже

#### *Ход работы*

1. В соответствии с индивидуальным вариантом и используя алгоритм, представленный выше, выполните чертеж промышленного здания с использованием графического редактора КОМПАС-График.
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий.

### Практическая работа № 2

**Выполнение схем внутрицехового электроснабжения с использованием компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять схемы внутрицехового электроснабжения с использованием компьютерных графических редакторов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* правил оформления графических документов;

*умения:*

* составлять отдельные разделы проекта производства работ;
* подготавливать проектную документацию на объект с использованием персонального компьютера;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообо-рудования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

***Теоретический материал***

На любом объекте проектирования внутреннего электроснабжения имеются электроприемники напряжением до 1 кВ. К таким низковольтным потребителям относятся силовые установки, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии, необходимые для технологических целей, в том числе электроприводы различных технологических установок и металлорежущих станков, нагревательные устройства, осветительные установки и т.д. Таким образом, распределение электрической энергии внутри объектов проектирования и непосредственное питание электроприемников осуществляется через электрические сети напряжением до 1 кВ.

Схема электрической сети внутреннего электроснабжения объекта проектирования определяется технологическим процессом производства, категорией надежности электроснабжения, взаимным расположением трансформаторных подстанций (ТП) или ввода питания и электроприемников, их единичной установленной мощностью и размещением по площади объекта проектирования. Схема должна быть проста, безопасна и удобна в эксплуатации, экономична, удовлетворять характеристике окружающей среды, обеспечивать применение индустриальных методов монтажа.

Схемы внутреннего электроснабжения могут быть:

1. радиальными;
2. магистральными;
3. смешанными.

Радиальные схемы целесообразно использовать для питания крупных электроприемников и при расположении потребителей электроэнергии в разных направлениях от питающего центра – цеховой трансформаторной подстанции (ТП) или низковольтного распределительного пункта (НРП).

Характерная радиальная схема внутреннего электроснабжения: от источника питания, например от ТП, отходят линии, питающие непосредственно мощные электроприемники или отдельные НРП, от которых самостоятельными линиями питаются более мелкие электроприемники.

*Основные преимущества радиальных схем*:

1. простота исполнения и удобство в эксплуатации;
2. повышенная надежность;
3. пониженные потери напряжения и мощности;
4. приспособленность к автоматизации.

*Недостатки по сравнению с магистральными схемами*;

1. больший расход цветных металлов;
2. большая стоимость;
3. большие токи короткого замыкания.

Пример выполнения радиальной схемы внутрицехового электроснабжения представлен на рисунке 4.

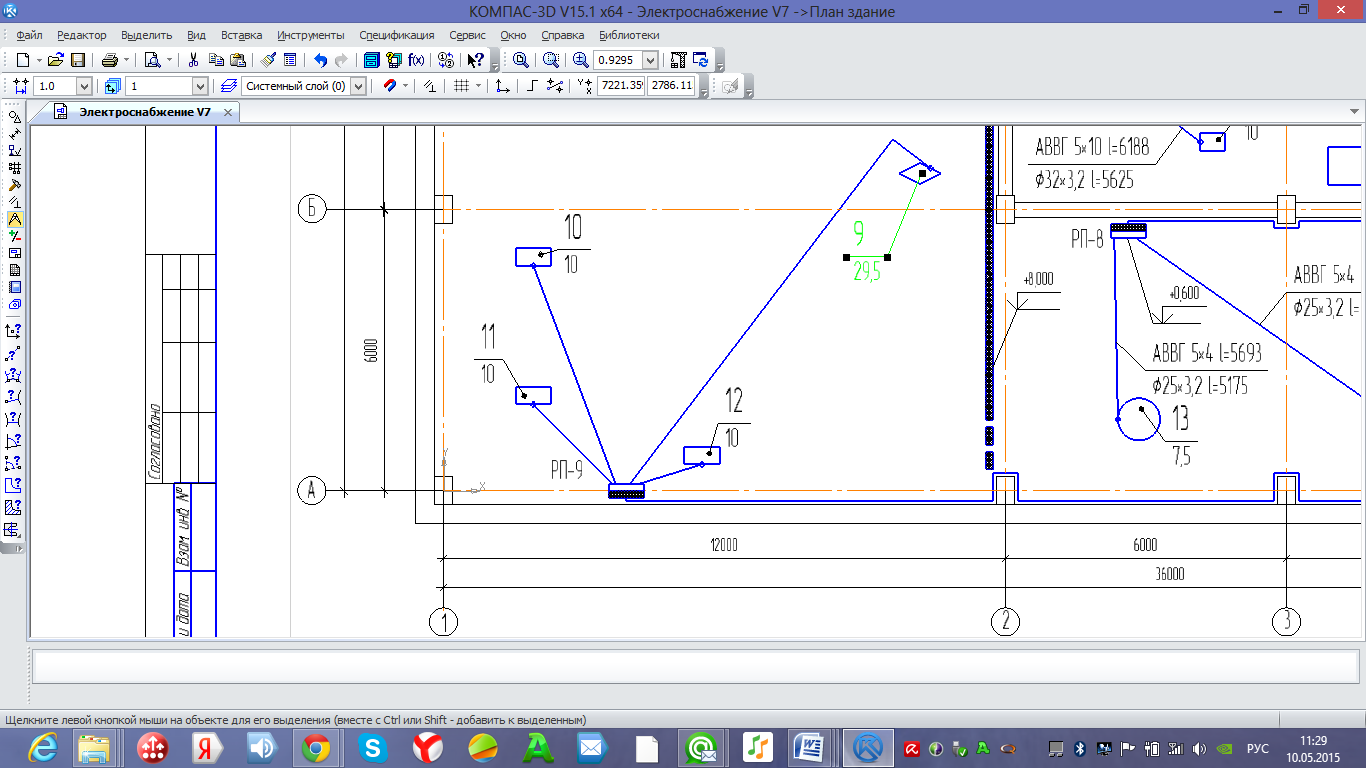


Рисунок 4 – Пример выполнения радиальной схемы внутрицехового электроснабжения

Магистральные схемы находят широкое применение для питания не только нескольких электроприемников одной технологической линии, но также большого числа сравнительно мелких электроприемников, не связанных единым технологическим процессом. К таким потребителям относятся, например, металлорежущие станки, распределенные по площади сравнительно равномерно. В зависимости от необходимой надежности электроснабжения электроприемников магистральные линии могут иметь одно- или двухстороннее питание.

Для питания электроэнергией большого числа электроприемников сравнительно не­большой мощности, равномерно распределенных по площади цеха, применяются схемы с двумя видами магистральных линий:

1. питающими;
2. распределительными.

Питающие магистрали (типа ШМА) подключаются к сборным шинам ТП, а распределительные магистрали (типа ШРА) – к питающим магистралям ШМА или непосредственно к сборным шинам ТП.

*Основные преимущества магистральных схем по сравнению с радиальными*:

1. меньший расход цветных металлов;
2. меньшая стоимость;
3. меньшие токи короткого замыкания;
4. гибкость и универсальность;
5. возможность применения готовых конструкций шинопроводов и индустриаль­ных методов монтажа при выполнении магистральных линий.

*Недостатки магистральных схем*:

1. меньшая надежность;
2. большая сложность построения;
3. большие потери напряжения и мощности.

Пример выполнения магистральной схемы внутрицехового электроснабжения представлен на рисунке 5.

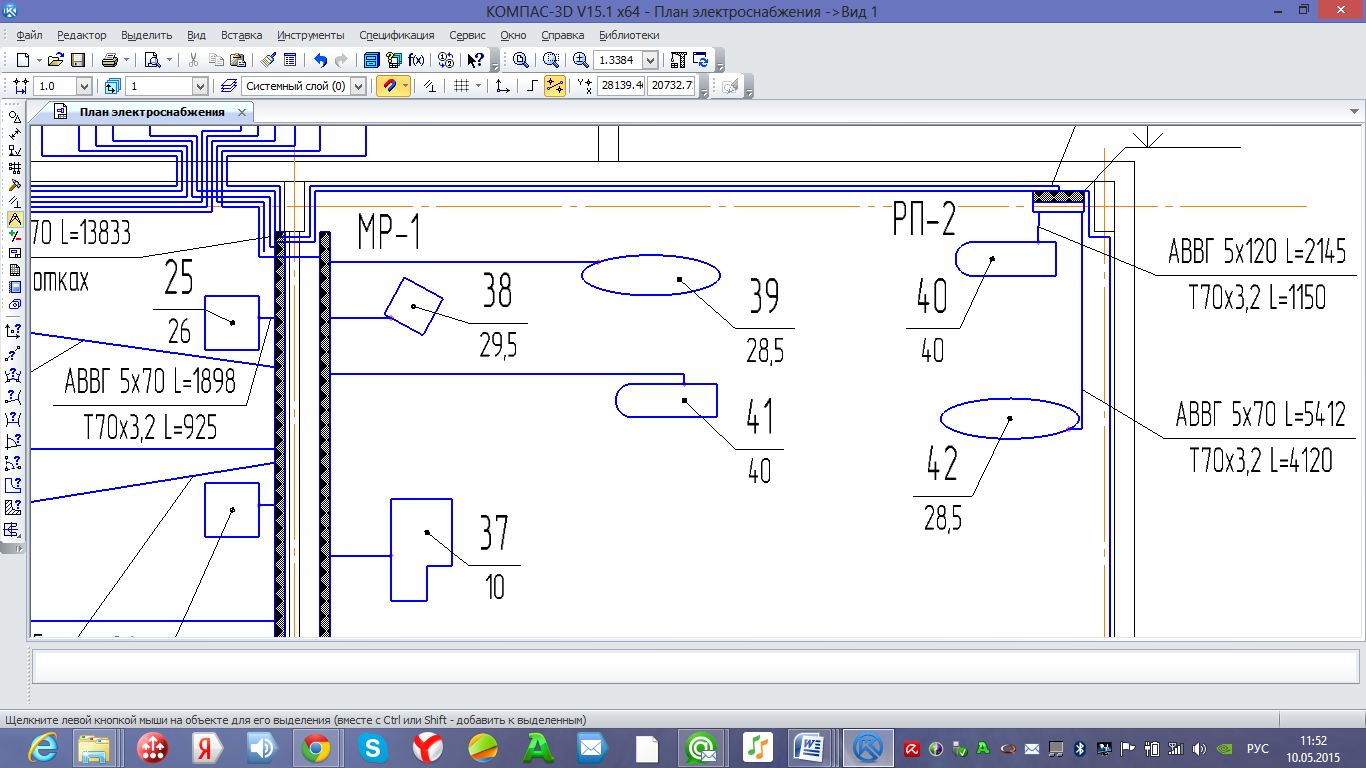


Рисунок 5 - Пример выполнения магистральной схемы внутрицехового электроснабжения

Только радиальные или магистральные схемы применяются редко. Наибольшее распространение на практике находят смешанные схемы, сочетающие в себе элементы ради­альных и магистральных схем.

Пример выполнения смешанной схемы внутрицехового электроснабжения представлен на рисунке 6.

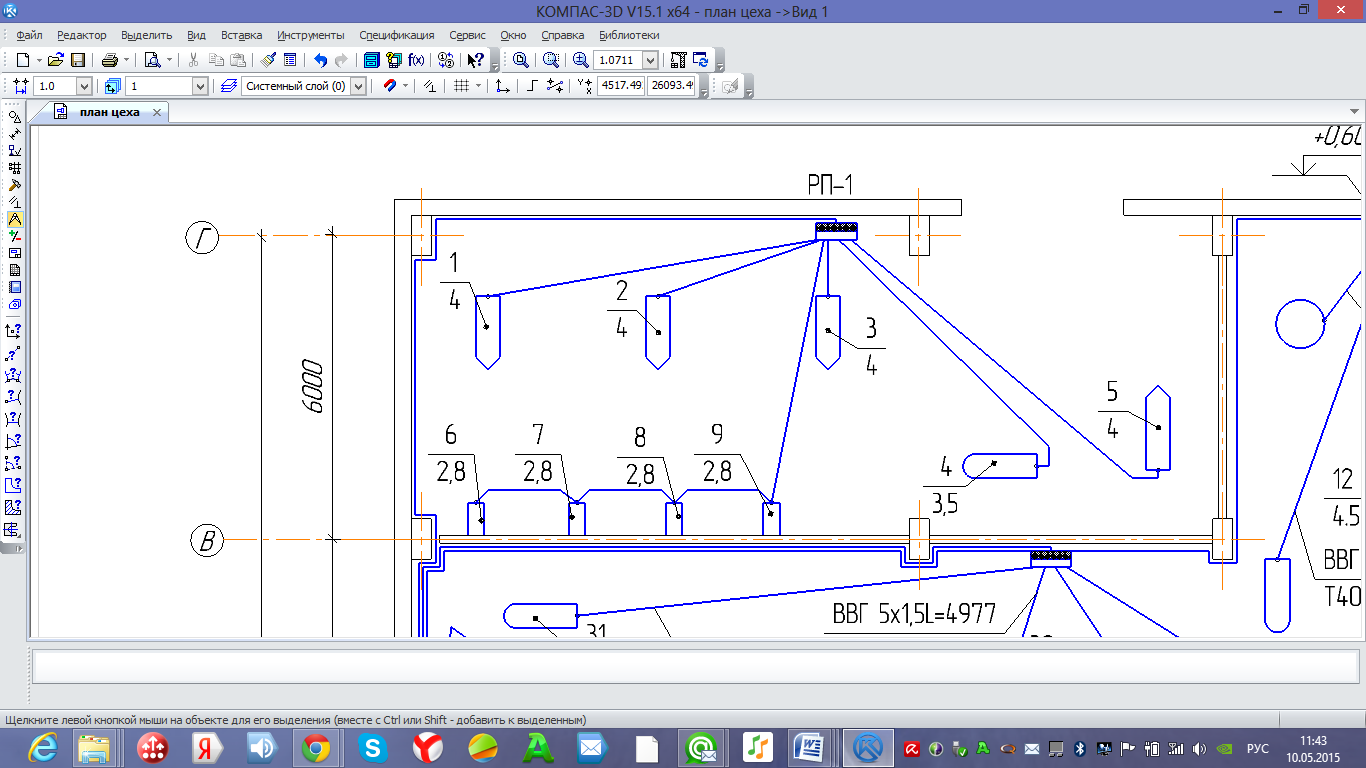


Рисунок 6 – Пример выполнения смешанной схемы внутрицехового электроснабжения

Наиболее ярким представителями систем автоматизированного проектирования отечественных разработчиков в настоящее время являются системы:

1. КОМПАС-График;
2. AutoCad;
3. NanoCad.

Требования к выбору местоположения цеховых низковольтных распределительных устройств:

1. должна обеспечиваться минимальная длина питающих и распределительных сетей цеха;
2. должно обеспечиваться минимальное количество углов изгиба линий распределительной сети цеха;
3. не должны перекрываться проходы и проезды цеха;
4. должна быть обеспечена возможность эксплуатации (свободный подход, проведение ревизии, коммутации и ремонтных работ и т.д.).

Углы изгиба распределительной сети в горизонтальной плоскости должны иметь стандартные значения: 900, 1050, 1200, 1350 или 1500.

Пример заполнения основной надписисхемы внутрицехового электроснабжения, выполненной с использованием графического редактора «КОМПАС-График», представлен на рисунке 7.

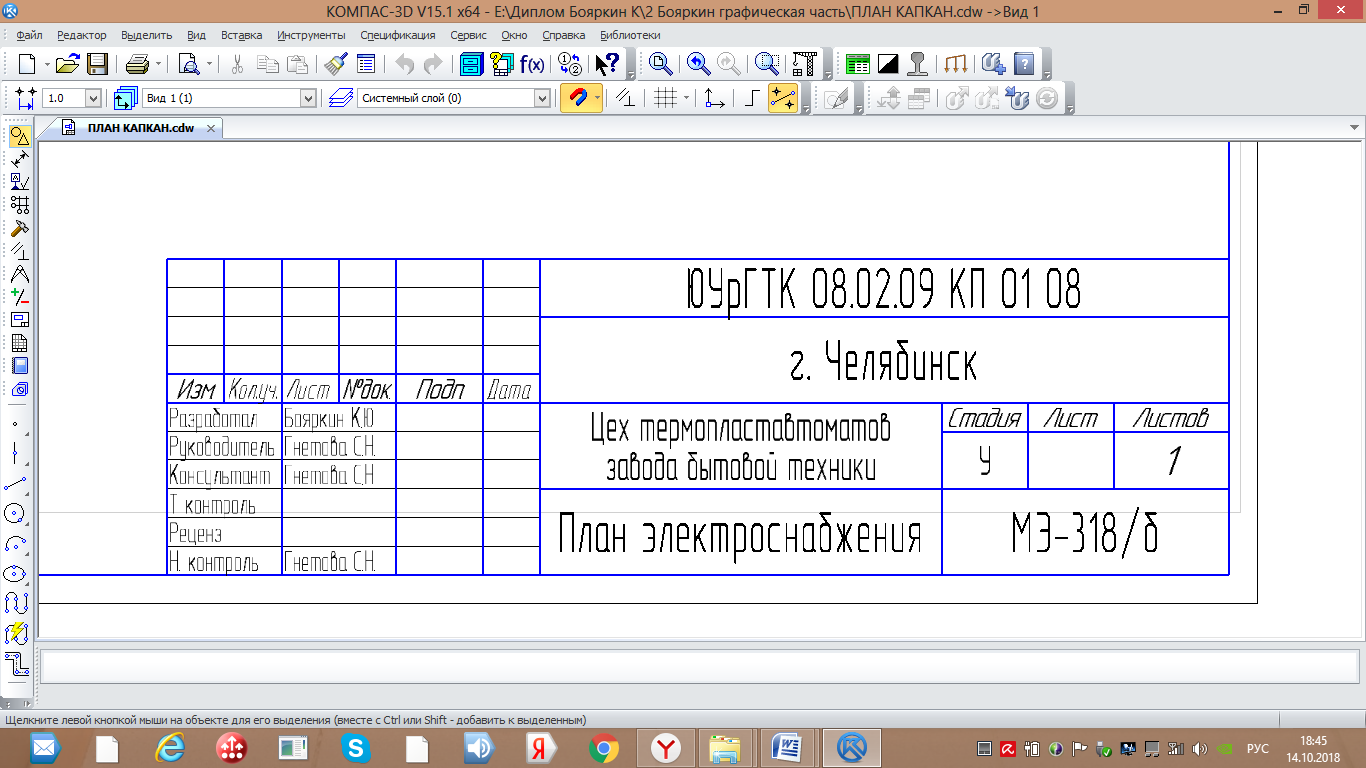


Рисунок 7 - Пример заполнения основной надписи схемы внутрицехового электроснабжения

Для выполнения схемы внутрицехового электроснабжения с использованием компьютерных графических редакторов предлагается следующая последовательность:

1. использовать план размещения оборудования, выполненный в практической работе №1;
2. определить местоположение низковольтных распределительных устройств цеха;
3. разместить низковольтные распределительные устройства цеха (используя «Менеджер библиотек»);
4. выполнить линии распределительной сети цеха соблюдая рекомендации, приведенные выше;
5. обозначить элементы схемы внутрицехового электроснабжения (низковольтные распределительные устройства цеха и электроприемники);
6. выполнить спецификацию;
7. заполнить основную надпись.

При выполнении задания необходимо использовать знания, полученные на дисциплине «Инженерная графика».

Для более подробного рассмотрения функций графического редактора КОМПАС-График рекомендуется использовать методические рекомендации фирмы-разработчика АСКОН «Азбука КОМПАС-График. Строительная конфигурация».

#### Ход работы

1. В соответствии с индивидуальным вариантом и используя теоретический материал, представленный выше, выполните схему внутрицехового электроснабжения с использованием графического редактора КОМПАС-График.
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 3

**Выполнение электрических принципиальных схем**

**с использованием компьютерных графических редакторов**

*Цель работы*: научиться выполнять электрические принципиальные схемы

с использованием компьютерных графических редакторов.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* правил оформления графических документов;

*умения:*

* составлять отдельные разделы проекта производства работ;
* подготавливать проектную документацию на объект с использованием персонального компьютера;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообо-рудования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

***Теоретический материал***

Рабочие чертежи силового электрооборудования выполняют в соответствии с требованиями стандартов системы проектной документации для строительства, а также норм проектирования электротехнических установок.

В состав рабочих чертежей силового электрооборудования включают:

а) чертежи, предназначенные для производства электромонтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки ЭМ);

б) чертежи электромонтажных конструкций (при отсутствии типовых) и габаритные чертежи низковольтных комплектных устройств (НКУ).

В основной комплект рабочих чертежей марки ЭМ включают:

а) общие данные по рабочим чертежам;

б) схемы электрические принципиальные (далее - принципиальные схемы) комплектных трансформаторных подстанций (КТП), питающей и распределительной сетей;

в) принципиальные схемы управления электроприводами;

г) схемы (таблицы) подключения;

д) планы расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей;

е) кабельнотрубный (кабельный) журнал;

ж) трубозаготовительную ведомость;

з) ведомость заполнения труб кабелями и проводами.

Принципиальную схему КТП выполняют по форме 1 представленной на рисунке 8. Для двухтрансформаторных КТП с устройством автоматического включения резерва, кроме данных, предусмотренных формой 1, указывают нагрузку в аварийном режиме при выходе из строя одного из трансформаторов.

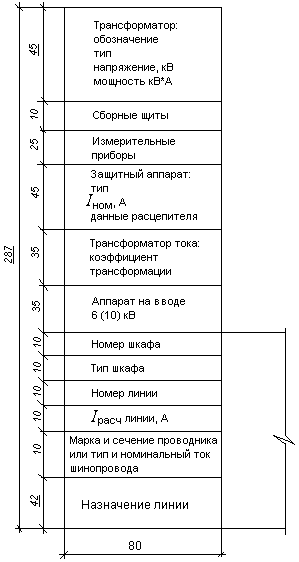


Рисунок 8 – Принципиальная схема КТП (форма 1 ГОСТ 21.613-2014 СПДС)

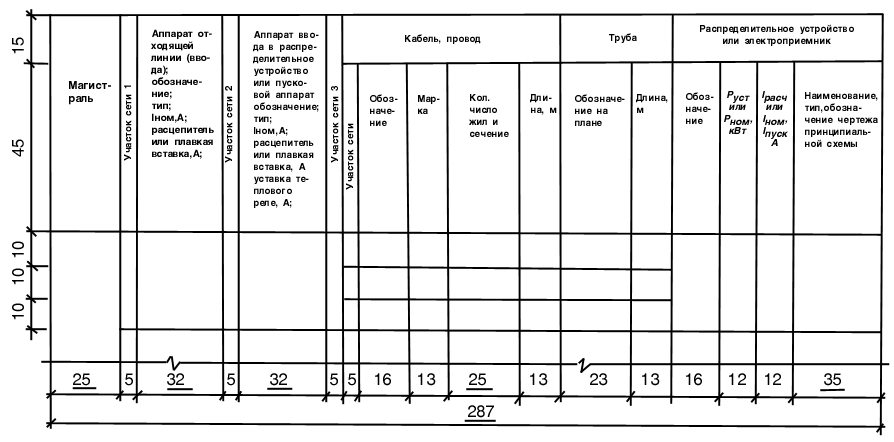


Рисунок 9 – Принципиальная питающей сети (форма 2 ГОСТ 21.613-2014 СПДС)

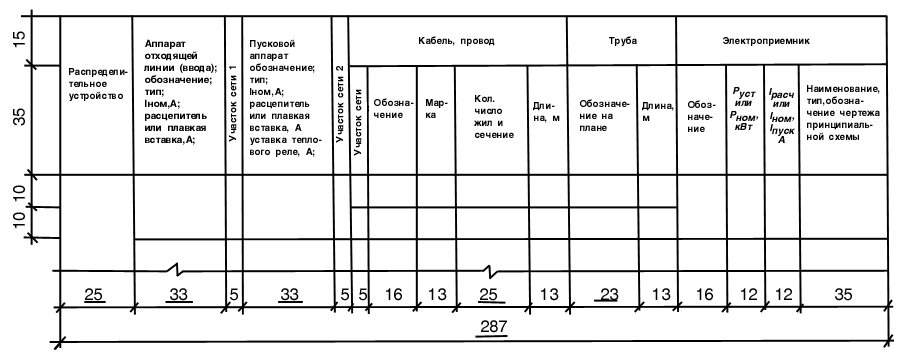
****

Рисунок 10 – Принципиальная схема распределительной сети (форма 3 ГОСТ 21.613-2014 СПДС)

Принципиальную схему питающей сети (от трансформаторной подстанции, питающей магистрали до распределительного устройства или электроприемника) выполняют по форме 2 представленной на рисунке 9.

Принципиальную схему распределительной сети (от распределительного шинопровода или распределительного пункта до электроприемника) и схему распределения электроэнергии от распределительного щита до электроприемника выполняют по форме 3 представленной на рисунке 10.

Пример заполнения основной надписи принципиальных схем, выполненных с использованием графического редактора «КОМПАС-График», представлен на рисунке 11.

#### 

Рисунок 11 – Пример заполнения основной надписи принципиальных схем, выполненных

с использованием графического редактора «КОМПАС-График»

#### Ход работы

1. В соответствии с индивидуальным вариантом и используя теоретический материал, представленный выше, выполните принципиальные схемы внутрицехового электроснабжения с использованием графического редактора КОМПАС-График.
2. Представьте результаты в виде файла готового к выводу на печать.
3. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 4

**Расчет токов короткого замыкания**

**в электрических сетях напряжением до 1 кВ**

*Цель работы*: научиться определять токи короткого замыкания в электрических сетях

напряжением до 1 кВ.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

1. **Общие сведения**

Электроустановки объектов электроснабжения напряжением до 1 кВ обычно получают питание от понижающих трансформаторов с номинальной мощностью = 25 ... 2500 кВ·А. Если мощность КЗ на стороне высшего напряжения трансформатора ≥25 , то периодическая составляющая тока КЗ будет неизменной. В большинстве случаев это соотношение выполняется. Если нет, то величина сопротивления системы находится по значению мощности КЗ на выводах обмотки высшего напряжения понижающего трансформатора:

где - среднее номинальное напряжение сети до 1 кВ.

При отсутствии данных о величине значение может быть определено по номинальной мощности отключения выключателя, установленного в питающей сети напряжением выше 1 кВ:

Можно считать, что КЗ в сетях до 1 кВ питается от системы с неограниченной мощностью, т. е. периодическая составляющая тока КЗ неизменна в течение всего времени существования режима КЗ:

При расчетах токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ необходимо учитывать:

а) активные и индуктивные сопротивления проводов, кабелей и шин (длиной 10... 15 м и более); токовых катушек расцепителей автоматических выключателей; первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока; переходных контактов аппаратов;

б) активные и индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи;

в) переходные сопротивления в месте КЗ.

Расчетная точка трехфазного КЗ в установках напряжением до 1 кВ - непосредственно за автоматическим выключателем трансформатора.

Расчетная точка однофазного КЗ в установках напряжением до 1 кВ - конечная точка шинопровода, защищаемого выключателем трансформатора.

Расчет параметров цепи и токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ ведется в именованных единицах.

1. **Сопротивления элементов цепи трехфазного КЗ в установках напряжением до 1 кВ**

Сопротивления в сети напряжением до 1 кВ удобно рассчитывать в мОм.

Активное сопротивление силового трансформатора Rт определяется по формуле

где U2 – вторичное напряжение силового трансформатора подстанции, кВ;

- номинальная мощность силового трансформатора подстанции, кВА.

Реактивное сопротивление трансформатора хт определяется по формуле

Сопротивления токопровода (шин) от трансформатора к автоматическому выключателю: ориентировочно Rш =0,5 мОм; Хш=2,25 мОм.

В таблицах 1, 2 и 3 приведены ориентировочные значения сопротивлений Ха, Ra катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей, активных переходных сопротивлений контактов Rк, первичных сопротивлений Хтт, Rтт обмоток трансформаторов тока класса точности 1.

Суммарное активное сопротивление цепи трехфазного симметричного короткого замыкания за автоматическим выключателем подстанции определяется по формуле

Таблица 1 – Значения сопротивлений тепловых расцепителей автоматических выключателей

трансформаторных подстанций

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальный ток расцепителя, А | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 |
| Активное Rа, мОм | 1,8 | 0,74 | 0,36 | 0,15 | 0,12 |
| Реактивное Ха, мОм | 0,86 | 0,55 | 0,28 | 0,1 | 0,094 |

Таблица 2 – Значения активных переходных сопротивлений контактов автоматических

выключателей трансформаторной подстанции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальный ток автомата, А | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 |
| Сопротивление Rк, мОм | 1,3 | 0,75 | 0,6 | 0,4 | 0,25 | – | – |

Таблица 3 – Сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффициент трансформации *n*тт | 100/5 | 150/5 | 200/5 | 300/5 | 400/5 | 500/5 |
| Активное , мОм | 1,7 | 0,75 | 0,42 | 0,2 | 0,17 | 0,05 |
| Реактивное , мОм | 2,7 | 1,2 | 0,67 | 0,3 | 0,17 | 0,07 |

Суммарное реактивное сопротивление цепи трехфазного симметричного короткого замыкания за автоматическим выключателем подстанции определяется по формуле

Полное сопротивление цепи трехфазного симметричного короткого замыкания за автоматическим выключателем подстанции определяется по формуле

1. **Расчет токов трехфазного КЗ в сетях и установках напряжением до 1 кВ**

Действующее значение тока трехфазного симметричного короткого замыкания определяется по формуле

Ударный коэффициент Куд. принимается по таблице 4 в зависимости от места короткого замыкания.

Ударный ток трехфазного симметричного короткого замыкания от системы определяется по формуле

Таблица 4 – Значения ударных коэффициентов в зависимости от места короткого замыкания

|  |  |
| --- | --- |
| Место короткого замыкания | Значение Куд. |
| Выводы турбогенератора | 1,91 |
| В цепи без учета активного сопротивления | 1,8 |
| На стороне до 1 кВ трансформаторов номинальной мощностью |  |
| * 1600, 2500 кВА | 1,4 |
| * 630, 1000 кВА | 1,3 |
| * 160, 250, 400 кВА | 1,2 |
| Удалённые точки КЗ с учетом активного сопротивления | 1,0 |

#### Ход работы

1. Определите по таблице 5 в соответствии с индивидуальным вариантом электрооборудование и необходимые исходные данные.

Таблица 5 **–** Исходные данные практической работы №4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Тип  трансформатора  на подстанции | Сопротивление системы  хс, мОм | Сопротивления шин от трансформатора до автоматического  выключателя | | Максимальный  номинальный ток  отходящей линии трансформаторной подстанции  Iном.макс., А | Наибольший ток тепловых расцепителей автоматических выключателей подстанции  Iтр.макс, А |
| активное  Rш, мОм | реактивное  хш, мОм |
| 1 | ТМЗ-250/10 | 1,0 | 0,3 | 1,8 | 100 | 100 |
| 2 | ТМЗ-400/10 | 1,1 | 0,35 | 1,85 | 160 | 100 |
| 3 | ТМЗ-630/10 | 1,2 | 0,4 | 1,9 | 160 | 160 |
| 4 | ТНЗ-630/10 | 1,3 | 0,45 | 1,95 | 250 | 160 |
| 5 | ТМЗ-1000/10 | 1,4 | 0,5 | 2,0 | 250 | 250 |
| 6 | ТНЗ-1000/10 | 1,5 | 0,55 | 2,05 | 400 | 320 |
| 7 | ТМЗ-1600/10 | 1,6 | 0,6 | 2,1 | 400 | 400 |
| 8 | ТНЗ-1600/10 | 1,7 | 0,3 | 2,15 | 630 | 400 |
| 9 | ТМЗ-2500/10 | 1,8 | 0,35 | 2,2 | 630 | 630 |
| 10 | ТНЗ-2500/10 | 1,9 | 0,4 | 2,25 | 630 | 400 |
| 11 | ТСЗ-160/10 | 1,0 | 0,45 | 2,3 | 100 | 100 |
| 12 | ТСЗ-250/10 | 1,1 | 0,5 | 1,8 | 160 | 100 |
| 13 | ТСЗА-400/10 | 1,2 | 0,55 | 1,85 | 160 | 160 |
| 14 | ТСЗА-630/10 | 1,3 | 0,6 | 1,9 | 250 | 160 |
| 15 | ТСЗА-1000/10 | 1,4 | 0,3 | 1,95 | 250 | 250 |
| 16 | ТСЗУ-1000/10 | 1,5 | 0,35 | 2,0 | 400 | 320 |
| 17 | ТСЗУ-1600/10 | 1,6 | 0,4 | 2,05 | 400 | 400 |
| 18 | ТСЗЛ-630/10 | 1,7 | 0,45 | 2,1 | 630 | 400 |
| 19 | ТСЗЛ-1000/10 | 1,8 | 0,5 | 2,15 | 630 | 630 |
| 20 | ТСЗЛ-1600/10 | 1,9 | 0,55 | 2,2 | 400 | 400 |
| 21 | ТСЗЛ-2500/10 | 1,0 | 0,6 | 2,25 | 630 | 400 |
| 22 | ТМЗ-250/10 | 1,1 | 0,3 | 2,3 | 160 | 100 |
| 23 | ТМЗ-400/10 | 1,2 | 0,35 | 1,8 | 160 | 160 |
| 24 | ТМЗ-630/10 | 1,3 | 0,4 | 1,85 | 250 | 160 |
| 25 | ТНЗ-630/10 | 1,4 | 0,45 | 1,9 | 250 | 250 |
| 26 | ТМЗ-1000/10 | 1,5 | 0,5 | 1,95 | 400 | 320 |
| 27 | ТМЗ-1600/10 | 1,6 | 0,55 | 2,0 | 400 | 400 |
| 28 | ТНЗ-1600/10 | 1,7 | 0,6 | 2,05 | 630 | 400 |
| 29 | ТМЗ-2500/10 | 1,8 | 0,3 | 2,1 | 630 | 630 |
| 30 | ТНЗ-2500/10 | 1,9 | 0,35 | 2,15 | 630 | 400 |

1. Определите ток трехфазного КЗ в установке напряжением до 1 кВ.
2. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 5

**Расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм**

*Цель работы*: научиться определять расчетные нагрузки методом упорядоченных диаграмм.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

1. **Определение и обозначение основных величин.**

Для представления электрических величин и коэффициентов, характеризующих электропотребление, принята следующая система обозначений:

- показатели электропотребления индивидуальных ЭП обозначаются строчными буквами латинского или греческого алфавита;

- показатели электропотребления групп ЭП - прописными буквами латинского или греческого алфавита.

**Номинальная (установленная) мощность одного ЭП –** мощность, обозначенная на заводской табличке или в его паспорте Для электродвигателей номинальная мощность равна мощности на валу при номинальной продолжительности включения, для электротехнических установок равна полной мощности, потребляемой в номинальном режиме из сети. Для агрегатов с многодвигательным приводом под номинальной мощностью подразумевают наибольшую сумму номинальных мощностей одновременно работающих двигателей агрегата.

**Групповая номинальная (установленная) активная мощность** – сумма номинальных активных мощностей группы ЭП:

Рн = ,

где п - количество электроприемников группы;

рн - номинальная (установленная) мощность одного ЭП, кВт.

**Эффективное число электроприемников** –это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников.

Значение эффективного числа электроприемников определяется по следующему выражению:

п э =  ,

где рн - номинальная (установленная) мощность одного ЭП, кВт;

рнmax - номинальная мощность наиболее мощного ЭП группы, кВт;

п - фактическое число электроприемников группы.

**Расчетная мощность** Р р , Q р – это мощность соответствующая такой неизменной токовой нагрузке Iр , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения.

**Коэффициент расчетной нагрузки** кр – отношение расчетной активной мощности Рр к значению средней мощности Рр группы ЭП с эффективным числом ЭП п э ≥ 2

к р = 

Коэффициент расчетной мощности зависит от эффективного числа электроприемников, средневзвешенного коэффициента использования, а также от постоянной времени нагрева сети, для которой производится расчет электрических нагрузок.

1. **Порядок расчета электрических нагрузок.**
2. Расчет выполняется по форме Ф636-90 (таблица 6).
3. Расчет электрических нагрузок ЭП напряжением до 1 кВ производится для каждого узла питания (распределительный пункт, шкаф, сборка, распределительный шинопровод, щит станций управления, троллеи, магистральный шинопровод, цеховая трансформаторная подстанция), а также по цеху, корпусу, в целом.
4. Исходные данные (графы 1÷6) заполняются на основании полученных от технологов, сантехников и др. таблиц-заданий на проектирование электротехнической части (графы 1÷4) и согласно справочным материалам (графы 5, 6), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП.

При этом:

1. Все ЭП группируются по характерным категориям с одинаковыми ки и tg ϕ независимо от мощности ЭП. В каждой строке указываются ЭП одной характерной категории.
2. Резервные электроприемники, ремонтные сварочные трансформаторы и другие ремонтные электроприемники, а также электроприемники, работающие кратковременно (пожарные насосы, задвижки, вентили и т.п.), при определении расчетной мощности не учитываются. В графах 2 и 4 указываются мощности *рабочих ЭП.*
3. В графе 3 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников одной характерной категории ЭП.
4. Для многодвигательных электроприводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода. Если в числе этих двигателей имеются одновременно включаемые (с идентичным режимом работы), то они учитываются в расчете как один ЭП с номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей одновременно работающих двигателей.
5. Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы ***не производится*** приведение их номинальной мощности к длительному режиму (ПВ = 100 %).
   * 1. При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается в графе 2 как эквивалентный трехфазный ЭП с номинальной мощностью:

рн = 3 рно,

где рно - активная мощность однофазного ЭП, кВт.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП с номинальной мощность:

рн =рно

1. При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15 % по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП той же суммарной номинальной мощности.

В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

1. При наличии в справочных материалах интервальных значений ки следует для расчета принимать наибольшее значение.
2. В графах 7 и 8 определяются средние активные и реактивные мощности каждой характерной категории ЭП:

Рс = Рн ки,

Qс = Рс tgϕ.

1. На этом расчет электрических нагрузок характерной категории ЭП заканчивается.
2. Далее расчет производится для узла питания.
3. В графе 1 указывается наименование узла питания (согласно плана размещения электрооборудования).
4. В графе 2 записывается общее количество ЭП, подключенных к данному узлу питания.
5. В графе 3 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников данного узла питания.
6. Общая номинальная мощность узла питания (графа 4) равна арифметической сумме общих номинальных мощностей всех характерных категорий узла питания.
7. Определяются суммарные значения средней активной и реактивной мощности (графа 7 и 8):

;

,

где m - число характерных категорий ЭП узла питания.

2.12 Определяется средневзвешенный коэффициент использования

.

Значение к и заносится в графу 5 итоговой строки.

2.13 Определяется эффективное число электроприемников по выражению:

,

где Рнmax - номинальная мощность наиболее мощного ЭП, кВт.

Если найденное по этой формуле число п э окажется больше п, то следует принимать пэ = п. В случае, если рнmax/рнmin≤3, также принимается пэ = п. Результат заносится в графу 9.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число п э.

1. В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется коэффициент расчетной нагрузки к р согласно п.1 настоящих Методических указаний.
2. Определяется средневзвешенный коэффициент реактивной мощности (графа 6):

.

1. Расчетная активная мощность узла питания напряжением до 1 кВ (графа 11) определяется в зависимости от средней активной мощности Рс и соответствующего значения к р:

Рр = Рс к р.

1. Расчетная реактивная мощность (графа 12) определяется следующим образом:
2. Для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от п э:

если п э ≤ 10, то Qр = 1,1 Q c;

если п  э > 10, то Qр = Qc.

1. Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу предприятию

Qр = к р Qс.

1. Определяется полная расчетная мощность узла питания (графа 13):

.

* 1. Значение токовой расчетной нагрузки узла питания, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению:

****

Значение Iр заносится в графу 14 итоговой строки.

#### *Ход работы*

1. Определите по таблице 7 в соответствии с индивидуальным вариантом электрооборудование и необходимые исходные данные.
2. Определите расчетные нагрузки узла питания по приведенному выше алгоритму.
3. Используйте таблицы 8, 9 и 10 данных методических рекомендаций для выполнения расчетов.
4. Представьте результаты расчета в виде таблицы 6.
5. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

# Таблица 6 – Форма Ф636-90

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя мощность | | Эффективное число ЭП  п э | Коэффициент  расчетной нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток  Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс,кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр,квар | полная  Sр, кВА |
| наименование  характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | количество ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cos ϕ ⁄ tg ϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 7 - Исходные данные практической работы №5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Узел питания | Наименование электроприемников | Количество  ЭП  п, шт. | Номинальная мощность  Рн, кВт | Характеристика режима  работы электроприемников  всех узлов питания |
| 1 | Распределительный шкаф (РП-1) | Вентилятор  Радиально-сверлильный станок  Сверлильный станок  Фрезерный станок | 1  2  2  1 | 5,5  5,5  13  7,5 | мелкосерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 2 | Распределительный шкаф (РП-2) | Вентилятор  Радиально-сверлильный станок  Токарный станок | 2  2  2 | 5,5  5,5  13 | крупносерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 3 | Распределительный шкаф (РП-3) | Пресс  Покрасочно-сушильная установка  Вентилятор | 4  2  3 | 5,5  20  7,5 | Крупносерийное  производство с тяжелым режимом работы |
| 4 | Распределительный шкаф (РП-4) | Вентилятор  Токарный станок  Строгальный станок  Карусельный станок | 2  2  1  1 | 5,5  17  40  30 | мелкосерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 5 | Распределительный шкаф (РП-5) | Вентилятор  Токарный станок  Строгальный станок  Пресс | 4  2  2  1 | 5,5  17  40  30 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 6 | Распределительный шкаф (РП-6) | Вентилятор  Токарный станок  Карусельный станок | 4  3  2 | 4  22  30 | крупносерийное  производство с тяжелым  режимом работы |
| 7 | Распределительный шкаф (РП-7) | Трубоотрезной станок  Точило  Машина точечной сварки  Сварочный трансформатор | 1  2  2  1 | 17  4  55  24,5 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |
| 8 | Распределительный шкаф (РП-8) | Вентилятор  Долбежный станок  Сварочный трансформатор | 2  2  2 | 7,5  5,5  45 | крупносерийное  производство с нормальным режимом работы |

Продолжение таблицы 7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Узел питания | Наименование электроприемников | Количество  ЭП  п, шт. | Номинальная мощность  Рн, кВт | Характеристика режима  работы электроприемников  всех узлов питания |
| 9 | Распределительный шкаф (РП-9) | Пресс  Револьверный станок  Долбежный станок | 2  3  2 | 22  17  7,5 | крупносерийное  производство с тяжелым режимом работы |
| 10 | Распределительный шкаф (РП-10) | Вентилятор  Долбежный станок  Закалочный станок  Печь сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий | 5  1  2  3 | 5,5  13  7,5  36 | мелкосерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 11 | Распределительный шкаф (РП-1) | Сушильный шкаф  Электрофильтр  Расточной станок  Сверлильный станок | 5  2  4  2 | 30  10  7,5  10 | крупносерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 12 | Распределительный шкаф (РП-2) | Электрическая печь цементации  Камерная печь  Обдирочный станок | 2  3  2 | 17  25  10 | крупносерийное  производство с тяжелым режимом работы |
| 13 | Распределительный шкаф (РП-3) | Вентилятор  Токарный станок  Карусельный станок  Расточной станок | 3  4  5  5 | 7,5  7,5  14  5,5 | мелкосерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 14 | Распределительный шкаф (РП-4) | Вентилятор  Токарный станок  Строгальный станок  Сверлильный станок | 5  2  1  2 | 5,5  13  17  10 | крупносерийное  производство с нормальным режимом работы |
| 15 | Распределительный шкаф (РП-5) | Пресс штамповочный  Долбежный станок  Карусельный станок  Расточной станок | 2  1  2  1 | 22  17  13  40 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |

Продолжение таблицы 7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Узел питания | Наименование электроприемников | Количество  ЭП  п, шт. | Номинальная мощность  Рн, кВт | Характеристика режима  работы электроприемников  всех узлов питания |
| 16 | Распределительный шкаф (РП-6) | Электрическая печь цементации  Вентилятор  Печь сопротивления с автоматической загрузкой изделий | 2  5  2 | 22  5,5  25 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |
| 17 | Распределительный шкаф (РП-7) | Вентилятор  Сварочный трансформатор  Машина точечной сварки | 4  3  2 | 5,5  10  17 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 18 | Распределительный шкаф (РП-8) | Вентилятор  Печь сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий  Пресс штамповочный | 4  2  3 | 7,5  10  22 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |
| 19 | Распределительный шкаф (РП-9) | Гильотинные ножницы  Вентилятор  Токарно-револьверный станок  Машина сварочная шовная | 1  4  2  2 | 17  3  10  35 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |
| 20 | Распределительный шкаф (РП-10) | Механическая ножовка  Трубоотрезной станок  Сварочный дуговой автомат | 4  1  2 | 5,5  7,5  20 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 21 | Распределительный шкаф (РП-1) | Расточной станок  Вальцы гибочные  Сварочная машина шовная | 4  2  2 | 12,5  7  30 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |
| 22 | Распределительный шкаф (РП-2) | Вентилятор  Радиальный станок  Фрезерный станок | 5  2  3 | 5,5  7,5  10 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |

Продолжение таблицы 7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Узел питания | Наименование электроприемников | Количество  ЭП  п, шт. | Номинальная мощность  Рн, кВт | Характеристика режима  работы электроприемников  всех узлов питания |
| 23 | Распределительный шкаф (РП-3) | Вентилятор  Сверлильный станок  Машина сварочная шовная  Машина сварочная стыковая | 2  2  1  1 | 7,5  13  24,5  30 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 24 | Распределительный шкаф (РП-4) | Пресс  Сушильный шкаф  Машина точечной сварки | 2  4  1 | 15,5  15  25 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |
| 25 | Распределительный шкаф (РП-5) | Вентилятор  Токарный станок  Карусельный станок | 5  2  3 | 5,5  10  22,5 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |
| 26 | Распределительный шкаф (РП-6) | Вентилятор  Долбежный станок  Строгальный станок  Фрезерный станок | 5  2  1  1 | 7,5  18,5  12,5  35,5 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 27 | Распределительный шкаф (РП-7) | Строгальный станок  Расточной станок  Карусельный станок | 2  1  3 | 17  17,5  37,5 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |
| 28 | Распределительный шкаф (РП-8) | Трубоотрезной станок  Точило  Вентилятор | 2  2  5 | 2,5  10  10 | мелкосерийное производство с нормальным режимом работы |
| 29 | Распределительный шкаф (РП-9) | Вентилятор  Долбежный станок  Сварочный трансформатор | 5  2  3 | 10  18,5  26,5 | крупносерийное производство с нормальным режимом работы |
| 30 | Распределительный шкаф (РП-1) | Шлифовальный станок  Точило  Машина сварочная стыковая | 3  2  2 | 12,5  5,5  25 | крупносерийное производство с тяжелым режимом работы |

Таблица 8 - Значение коэффициентов расчетной нагрузки кр для питающих сетей

напряжением до 1 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| пэ | Коэффициент использования | | | | | | | | |
| 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 1 | 8 | 5,3 | 4 | 2,67 | 2 | 1,6 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 2 | 6,22 | 4,33 | 3,39 | 2,45 | 1,98 | 1,6 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 3 | 4,05 | 2,89 | 2,31 | 1,74 | 1,45 | 1,34 | 1,22 | 1,14 | 1,0 |
| 4 | 3,24 | 2,35 | 1,91 | 1,47 | 1,25 | 1,21 | 1,12 | 1,06 | 1,0 |
| 5 | 2,84 | 2,09 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,16 | 1,08 | 1,03 | 1,0 |
| 6 | 2,64 | 1,96 | 1,62 | 1,28 | 1,14 | 1,13 | 1,06 | 1,01 | 1,0 |
| 7 | 2,49 | 1,86 | 1,54 | 1,23 | 1,12 | 1,1 | 1,04 | 1,0 | 1,0 |
| 8 | 2,37 | 1,78 | 1,48 | 1,19 | 1,1 | 1,08 | 1,02 | 1,0 | 1,0 |
| 9 | 2,27 | 1,71 | 1,43 | 1,16 | 1,09 | 1,07 | 1,01 | 1,0 | 1,0 |
| 10 | 2,18 | 1,65 | 1,39 | 1,13 | 1,07 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 11 | 2,11 | 1,61 | 1,35 | 1,1 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 12 | 2,04 | 1,56 | 1,32 | 1,08 | 1,05 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 13 | 1,99 | 1,52 | 1,29 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 14 | 1,94 | 1,49 | 1,27 | 1,05 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 15 | 1,89 | 1,46 | 1,25 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 16 | 1,85 | 1,43 | 1,23 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 17 | 1,81 | 1,41 | 1,21 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 18 | 1,78 | 1,39 | 1,19 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 19 | 1,75 | 1,36 | 1,17 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 20 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 21 | 1,69 | 1,33 | 1,15 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 22 | 1,67 | 1,31 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 23 | 1,64 | 1,3 | 1,12 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 24 | 1,62 | 1,28 | 1,11 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 25 | 1,6 | 1,27 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 30 | 1,51 | 1,27 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 35 | 1,44 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 40 | 1,4 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 45 | 1,35 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 1,3 | 1,07 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 60 | 1,25 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 70 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 80 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 90 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 100 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Таблица 9 – Значения тригонометрических функций

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cos ϕ | tg ϕ | cos ϕ | tg ϕ | cos ϕ | tg ϕ |
| 1 | 0 | 0,66 | 1,14 | 0,32 | 2,96 |
| 0,99 | 0,14 | 0,65 | 1,17 | 0,31 | 3,07 |
| 0,98 | 0,2 | 0,64 | 1,2 | 0,3 | 3,18 |
| 0,97 | 0,25 | 0,63 | 1,23 | 0,29 | 3,3 |
| 0,96 | 0,29 | 0,62 | 1,27 | 0,28 | 3,43 |
| 0,95 | 0,33 | 0,61 | 1,3 | 0,27 | 3,57 |
| 0,94 | 0,36 | 0,6 | 1,33 | 0,26 | 3,71 |
| 0,93 | 0,4 | 0,59 | 1,37 | 0,25 | 3,87 |
| 0,92 | 0,43 | 0,58 | 1,4 | 0,24 | 4,04 |
| 0,91 | 0,46 | 0,57 | 1,44 | 0,23 | 4,23 |
| 0,9 | 0,48 | 0,56 | 1,48 | 0,22 | 4,43 |
| 0,89 | 0,51 | 0,55 | 1,52 | 0,21 | 4,66 |
| 0,88 | 0,54 | 0,54 | 1,56 | 0,2 | 4,9 |
| 0,87 | 0,57 | 0,53 | 1,6 | 0,19 | 5,17 |
| 0,86 | 0,59 | 0,52 | 1,64 | 0,18 | 5,46 |
| 0,85 | 0,62 | 0,51 | 1,69 | 0,17 | 5,8 |
| 0,84 | 0,65 | 0,5 | 1,73 | 0,16 | 6,17 |
| 0,83 | 0,67 | 0,49 | 1,78 | 0,15 | 6,59 |
| 0,82 | 0,7 | 0,48 | 1,83 | 0,14 | 7,07 |
| 0,81 | 0,72 | 0,47 | 1,88 | 0,13 | 7,63 |
| 0,8 | 0,75 | 0,46 | 1,93 | 0,12 | 8,27 |
| 0,79 | 0,78 | 0,45 | 1,98 | 0,11 | 9,04 |
| 0,78 | 0,8 | 0,44 | 2,04 | 0,1 | 9,95 |
| 0,77 | 0,83 | 0,43 | 2,1 | 0,09 | 11,07 |
| 0,76 | 0,86 | 0,42 | 2,16 | 0,08 | 12,46 |
| 0,75 | 0,88 | 0,41 | 2,22 | 0,07 | 14,25 |
| 0,74 | 0,91 | 0,4 | 2,29 | 0,06 | 16,64 |
| 0,73 | 0,94 | 0,39 | 2,36 | 0,05 | 19,97 |
| 0,72 | 0,96 | 0,38 | 2,43 | 0,04 | 24,98 |
| 0,71 | 0,99 | 0,37 | 2,51 | 0,03 | 33,32 |
| 0,7 | 1,02 | 0,36 | 2,59 | 0,02 | 49,99 |
| 0,69 | 1,05 | 0,35 | 2,68 | 0 |  |
| 0,68 | 1,08 | 0,34 | 2,77 |  |  |
| 0,67 | 1,11 | 0,33 | 2,86 |  |  |

Таблица 10 – Значения тригонометрических функций

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tg ϕ | cos ϕ | tg ϕ | cos ϕ | tg ϕ | cos ϕ |
| 0 | 1 | 2,45 | 0,378 | 4,8 | 0,204 |
| 0,15 | 0,99 | 2,5 | 0,37 | 4,85 | 0,202 |
| 0,2 | 0,98 | 2,55 | 0,365 | 4,9 | 0,2 |
| 0,25 | 0,97 | 2,6 | 0,36 | 4,95 | 0,198 |
| 0,3 | 0,96 | 2,65 | 0,35 | 5 | 0,196 |
| 0,35 | 0,94 | 2,7 | 0,347 | 5,1 | 0,192 |
| 0,4 | 0,93 | 2,75 | 0,34 | 5,2 | 0,189 |
| 0,45 | 0,91 | 2,8 | 0,336 | 5,3 | 0,185 |
| 0,5 | 0,89 | 2,85 | 0,33 | 5,4 | 0,182 |
| 0,55 | 0,88 | 2,9 | 0,326 | 5,5 | 0,179 |
| 0,6 | 0,86 | 2,95 | 0,32 | 5,6 | 0,176 |
| 0,65 | 0,84 | 3 | 0,316 | 5,7 | 0,173 |
| 0,7 | 0,82 | 3,05 | 0,312 | 5,8 | 0,17 |
| 0,75 | 0,8 | 3,1 | 0,31 | 5,9 | 0,167 |
| 0,8 | 0,78 | 3,15 | 0,303 | 6 | 0,164 |
| 0,85 | 0,76 | 3,2 | 0,3 | 6,1 | 0,162 |
| 0,9 | 0,74 | 3,25 | 0,294 | 6,2 | 0,159 |
| 0,95 | 0,72 | 3,3 | 0,29 | 6,3 | 0,157 |
| 1 | 0,71 | 3,35 | 0,286 | 6,4 | 0,154 |
| 1,05 | 0,69 | 3,4 | 0,282 | 6,5 | 0,152 |
| 1,1 | 0,67 | 3,45 | 0,278 | 6,6 | 0,15 |
| 1,15 | 0,66 | 3,5 | 0,275 | 6,7 | 0,148 |
| 1,2 | 0,64 | 3,55 | 0,271 | 6,8 | 0,145 |
| 1,25 | 0,62 | 3,6 | 0,268 | 6,9 | 0,143 |
| 1,3 | 0,61 | 3,65 | 0,264 | 7 | 0,141 |
| 1,35 | 0,6 | 3,7 | 0,261 | 7,1 | 0,139 |
| 1,4 | 0,58 | 3,75 | 0,258 | 7,2 | 0,138 |
| 1,45 | 0,57 | 3,8 | 0,254 | 7,3 | 0,136 |
| 1,5 | 0,55 | 3,85 | 0,251 | 7,4 | 0,134 |
| 1,55 | 0,54 | 3,9 | 0,248 | 7,5 | 0,132 |
| 1,6 | 0,53 | 3,95 | 0,245 | 7,6 | 0,13 |
| 1,65 | 0,52 | 4 | 0,243 | 7,7 | 0,129 |
| 1,7 | 0,51 | 4,05 | 0,24 | 7,8 | 0,127 |
| 1,75 | 0,5 | 4,1 | 0,237 | 7,9 | 0,126 |
| 1,8 | 0,49 | 4,15 | 0,234 | 8 | 0,124 |
| 1,85 | 0,48 | 4,2 | 0,232 | 8,1 | 0,123 |
| 1,9 | 0,47 | 4,25 | 0,229 | 8,2 | 0,121 |
| 1,95 | 0,46 | 4,3 | 0,227 | 8,3 | 0,12 |
| 2 | 0,45 | 4,35 | 0,224 | 8,4 | 0,118 |
| 2,05 | 0,44 | 4,4 | 0,222 | 8,5 | 0,117 |
| 2,1 | 0,43 | 4,45 | 0,219 | 8,6 | 0,116 |
| 2,15 | 0,42 | 4,5 | 0,217 | 8,7 | 0,114 |
| 2,2 | 0,41 | 4,55 | 0,215 | 8,8 | 0,113 |
| 2,25 | 0,406 | 4,6 | 0,212 | 8,9 | 0,112 |
| 2,3 | 0,4 | 4,65 | 0,21 | 9 | 0,11 |
| 2,35 | 0,39 | 4,7 | 0,208 | 9,1 | 0,109 |
| 2,4 | 0,38 | 4,75 | 0,206 | 9,2 | 0,108 |

###### **Практическая работа № 6**

**Расчет осветительной нагрузки методом удельной мощности**

*Цель работы:* научиться выполнять расчет осветительной нагрузки методом удельной мощности

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

1. **Порядок расчета осветительной нагрузки методом удельной мощности.**
   1. Расчет выполняется по форме Ф636-90 (таблица 13).
   2. Исходные данные для расчета заполняются на основании индивидуального варианта задания (графа 1) и согласно справочным материалам (графы 5 и 6).

При этом:

* 1. В графе 1 указывается характер нагрузки (освещение) и ее характеристика
* удельная мощность осветительной нагрузки Руд, Вт;
* площадь помещения F, м2;
* тип ламп.
  1. Номинальная (установленная) мощность осветительной нагрузки определяется по формуле:

,

где Рн.о. – номинальная (установленная) мощность, кВт;

Ру.о. – удельная мощность осветительной нагрузки, Вт/м2;

F - площадь помещения, м2.

* 1. В графе 5 указывается коэффициент спроса осветительной нагрузки кс.о., определяемый по таблице 8 в зависимости от номинальной мощности освещения.
  2. В графе 6 указывается коэффициент мощности осветительной нагрузки (cos ϕ / tgϕ) в зависимости от типа ламп:
* люминесцентные с компенсированными ПРА - 0,95 / 0,33
* люминесцентные с некомпенсированными ПРА - 0,5 / 1,73
* ртутные (ДРЛ) - 0,57 /1,44
* накаливания - 1 / 0
  1. Определяется средняя активная мощность осветительной нагрузки (графа 7):

Рс.о. = кс.о.⋅Рн.о..

* 1. Определяется средняя реактивная мощность осветительной нагрузки (графа 8):

Qс.о. = Рс.о.⋅ tg ϕ

* 1. Определяется коэффициент потерь в ПРА в зависимости от типа ламп (графа 10):
* люминесцентные - 1,2
* ДРЛ, ДРИ и ДнаТ до 400 Вт включительно - 1,1
* ДРЛ, ДРИ и ДнаТ более 400 Вт - 1,05
* накаливания - 1,0
  1. Определяется расчетная активная мощность (графа 11):

Рр.о. = к п ⋅ Рс.о.

* 1. Определяется расчетная реактивная мощность (графа 12):

Qр.о. = Qс.о.

* 1. Полная расчетная мощность осветительной нагрузки (графа 13) определяется по формуле:



* 1. Полный расчетный ток осветительной нагрузки (графа 14):



#### *Ход работы*

1. Определите по таблице 11 в соответствии с индивидуальным вариантом необходимые исходные данные.
2. Определите расчетные нагрузки осветительной сети по приведенному выше алгоритму.
3. Используйте таблицу 12 данных методических рекомендаций для выполнения расчетов.
4. Представьте результаты расчета в виде таблицы 13.
5. Оформите и сдайте отчетную работу преподавателю в установленные сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 11 – Исходные данные для практической работы №6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Удельная мощность  осветительной нагрузки Ру.о., Вт/м2 | Площадь помещения  F, м2 | Характеристика помещения |
| 1 | 20 | 1440 | производственное здание из отдельных крупных пролетов |
| 2 | 19 | 1152 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 3 | 18 | 864 | производственное здание из многих отдельных пролетов |
| 4 | 17 | 228 | небольшое производственное здание |
| 5 | 16 | 576 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 6 | 15 | 720 | производственное здание из отдельных крупных пролетов |
| 7 | 20 | 900 | производственное здание из отдельных крупных пролетов |
| 8 | 19 | 864 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 9 | 18 | 288 | небольшое производственное здание |
| 10 | 17 | 432 | учебно-производственные мастерские училища |
| 11 | 16 | 576 | монтажное управление |
| 12 | 15 | 1440 | производственное здание из многих отдельных пролетов |
| 13 | 20 | 864 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 14 | 19 | 1728 | производственное здание из отдельных крупных пролетов |
| 15 | 18 | 1152 | производственное здание их многих отдельных помещений |
| 16 | 17 | 288 | небольшое производственное здание |
| 17 | 16 | 1440 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 18 | 15 | 432 | небольшое производственное здание |
| 19 | 20 | 720 | монтажное управление |
| 20 | 19 | 432 | производственное здание их многих отдельных помещений |
| 21 | 18 | 576 | производственная мастерская |
| 22 | 17 | 1728 | производственное здание из отдельных крупных пролетов |
| 23 | 16 | 1152 | производственное здание из многих отдельных пролетов |
| 24 | 15 | 288 | производственная мастерская |
| 25 | 20 | 432 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 26 | 19 | 576 | производственное здание из многих отдельных помещений |
| 27 | 18 | 864 | учебно-производственные мастерские профтехучилища |
| 28 | 17 | 720 | производственное здание из отдельных больших пролетов |
| 29 | 16 | 288 | предприятие бытового обслуживания |
| 30 | 20 | 432 | производственная мастерская |

Таблица 12 – Значения коэффициента спроса осветительных нагрузок кс.о.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Организации, учреждения  и предприятия | Коэффициенты спроса кс.о. при установленной мощности электрического освещения, кВт | | | | | | |
| до 5 | 6 – 10 | 11 – 15 | 16 – 25 | 26 – 50 | 51 – 100 | 101 – 200 |
| 1. предприятия общественного питания 2. детские ясли-сад 3. учебно-производственные мастерские профтех­училищ | 1,0 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 |
| 1. организации и учреждения управления 2. общеобразовательные школы 3. специальные учебные заведения 4. учебные здания профтехучилищ 5. предприятия бытового обслуживания | 1,0 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |
| 1. проектные конструкторские организации 2. предприятия торговли | 1,0 | 1,0 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 |
| 1. гостиницы | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,4 |
| 1. небольшие производственные здания | 1,0 | | | | | | |
| 1. производственные здания, состоящие из   от­дельных крупных пролетов | 0,95 | | | | | | |
| 1. производственные здания, состоящие из многих отдельных помещений | 0,85 | | | | | | |
| 1. складские помещения, РУ и подстанции | 0,6 | | | | | | |
| 1. наружное и аварийное освещение | 1,0 | | | | | | |
| 1. линии групповой осветительной сети | 1,0 | | | | | | |

# Таблица 13 – Форма Ф636-90

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя мощность | | Эффективное число ЭП  п э | Коэффициент расчетной  нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток Iр, А |
| по заданию  технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс,кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр,квар | полная  Sр, кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых  к узлу питания | количество  ЭП  , шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cos ϕ ⁄ tg ϕ |
| одного  ЭП  ÷ | общая |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| **Освещение** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Практическая работа №7**

**Расчет и выбор сечения проводников по нагреву**

*Цель работы*: научиться выбирать сечение проводов (кабелей) по допустимому нагреву электрическим током в сетях напряжением до 1 кВ.

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

При протекании тока по проводнику проводник нагревается и его температура повышается. Количество выделяемой при этом тепловой энергии определяется по закону Джоуля-Ленца:

Q = I2 R t,

где I - действующее значение тока протекающего по проводнику, А;

R - активное сопротивление проводника, Ом;

t - время протекания тока, с.

Нарастание температуры проводника будет продолжаться до тех пор, пока количество теплоты, получаемое проводником в единицу времени, не станет равным количеству теплоты отдаваемому проводником за тот же промежуток времени в окружающую среду. В момент наступления равновесия между теплотой, выделяемой током в проводнике, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду, рост температуры в проводнике прекратится. Чрезмерно высокая температура проводов и кабелей приводит к преждевременному износу их изоляции, ухудшению контактных соединений и пожарной опасности. ПУЭ устанавливает в зависимости от марки провода и кабелей, а также материала их изоляции длительно предельно допустимые температуры, при которых обеспечивается их надежная работа (таблица 14).

**Предельно допустимый ток по нагреву -** максимальное значение длительно протекающего тока, при котором температура провода или кабеля станет предельно допустимой Iд.

Значение предельно допустимого тока зависит от:

1. материала проводника;
2. сечения проводника;
3. температуры окружающей среды;
4. материала изоляции;
5. способа прокладки.

Перед выбором сечения проводников по нагреву необходимо определить номинальное напряжение, количество фаз, номинальный ток.

Номинальный ток электроприемников может быть определен по одной из следующих формул:

* для трехфазных электроприемников

,

где Рном – номинальная активная мощность электроприемника, кВт;

Uном – номинальное линейное напряжение сети, кВ;

 – номинальный коэффициент полезного действия;

– номинальный коэффициент мощности.

Значения Рном,  и  должны быть приняты по каталогу (паспорту) электроприемника.

Таблица 14 - **Допустимые температуры нагрева проводников, оС**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Проводник  и его изоляция | Длительная  температура  нагрева | Кратковременная  температура  нагрева при  перегрузках | Температура нагрева  при т.к.з. в проводниках | |
| медном | алюминиевом |
| Голые провода и шины | 70 | 125 | 300 | 200 |
| Провода и кабели с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией | 55 | 110 | 150 | 150 |
| Кабели с бумажной пропитанной изоляцией   1. до 3 кВ включительно 2. 6 кВ 3. 10 кВ 4. 35 кВ | 80  65  60  50 | 125  110  90  75 | 200  200  200  125 | 200  200  200  125 |

* для многодвигательного электропривода номинальный ток принимается с учетом  и  наиболее мощного электроприемника такого привода

,

где  – сумма номинальных мощностей электроприемников многодвигательного привода, кВт;

* для трехфазной электрической печи

;

* для трехфазной выпрямительной установки

;

* для однофазных электроприемников, подключенных на фазное напряжение

,

где Рф – активная мощность однофазного электроприемника, кВт;

Uном.ф – номинальное фазное напряжение сети, кВ.

* для сетей постоянного тока и однофазного тока с активной нагрузкой (например, группы осветительных электроприемников с лампами накаливания)

,

где Рф.о. – активная мощность одного или группы осветительных электроприемников, присоединенных на фазное напряжение, кВт.

* для трехфазной осветительной сети с лампами накаливания

,

где Ро – суммарная активная трехфазная мощность нагрузки осветительной сети, все электроприемники которой присоединяются на фазное напряжение, кВт.

Выбор сечения проводника по нагреву длительным током нагрузки сводится к сравнению расчетного тока с допустимым табличным значением для принятых марок провода или кабеля и условий их прокладки.

1. Если линия выбирается для одного электроприемника, то I р = Iном.

При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников проводники линий находятся в лучших условиях охлаждения по сравнению с проводниками линий с длительным режимом работы электроприемников. Поэтому при равных токовых нагрузках сечение проводников линии может быть уменьшено по сравнению с линией, к которой подключены электроприемники с длительным режимом работы. Для выбора и проверки сечения проводников по нагреву в качестве расчетной токовой нагрузки принимают нагрузку, приведенную к длительному режиму и определяемую по формуле:

,

где ПВ – относительная продолжительность включения электроприемника.

2. Если линия выбирается для нескольких электроприемников, то Iр = ΣIном.

При выборе должно выполняться условие: I р ≤ I д .

ПУЭ устанавливает следующие средние расчетные температуры окружающей среды:

**25 оС** - для неизолированных и изолированных проводов и кабелей внутри и вне помещений;

**15 оС** - для кабелей, прокладываемых в земле на глубине 0,7 - 1 м.

Если фактическая температура окружающей среды отличается от средней расчетной температуры, то при выборе сечения кабеля необходимо учесть поправочный температурный коэффициент.

I ′доп = к т I доп

где к т - поправочный температурный коэффициент.

#### *Ход работы*

1. Определить паспортные данные электроприемника по таблице 20 в соответствии с вариантом.
2. Рассчитать ток нагрузки линии.
3. Выбрать способ прокладки проводника по таблицам 15, 16, 17 и 18.
4. Определить поправочный температурный коэффициент к т (таблица 19)
5. Выбрать по допустимому длительному току сечение проводника (ПУЭ глава 1.3.).
6. Результаты выбора проводника представить в виде таблицы 21.
7. Сдать практическую работу в установленные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 15 – Выбор видов электропроводок, способов прокладки проводов и кабелей (согласно ПУЭ п.2.1.33)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия окружающей среды | Вид электропроводки и способ прокладки | Провода и кабели |
| *Открытые электропроводки* | | |
| Сухие и влажные помещения | На роликах и клицах | Незащищенные одножильные провода |
| Сухие помещения | На роликах и клицах | Скрученные двухжильные провода |
| Помещения всех видов  и наружные электроустановки | На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами) | Незащищенные одножильные провода |
| Наружные установки | Непосредственно по поверхности стен,  потолков и на струнах, полосах и других  несущих конструкциях | Кабель в неметаллической и металлической оболочках |
| Помещения всех видов | Непосредственно по поверхности стен,  потолков и на струнах, полосах и других  несущих конструкциях | Не защищенные и защищенные одно- и много жильные провода, кабели в неметаллической и металлической оболочках |
| Помещения всех видов и наружные  установки | На лотках и в коробах с открываемыми крышками | Не защищенные и защищенные одно- и много жильные провода, кабели в неметаллической и металлической оболочках |
| Помещения всех видов и наружные электроустановки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели) | На тросах | Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках |
| *Скрытые электропроводки* | | |
| Сухие, влажные и сырые помещения | Замоноличенно в строительных конструкциях при их изготовлении | Незащищенные провода |

Продолжение таблицы 15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия окружающей среды | Вид электропроводки и способ прокладки | Провода и кабели |
| *Скрытые электропроводки* | | |
| Помещения всех видов и наружные  установки | В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т.п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой.  **Исключения:**   1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках | Незащищенные и защищенные, одно- и многопроволочные провода. Кабели в неметаллической оболочке. |
| *Открытые и скрытые электропроводки* | | |
| Помещения всех видов и наружные  установки | В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой.  **Исключения:**   1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках | Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке. |

Таблица 16 – Выбор видов электропроводок и способов прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности (согласно ПУЭ п.2.1.36)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид электропроводки и способ прокладки  по основаниям и конструкциям | | Провода и кабели |
| из сгораемых материалов | из несгораемых или  трудносгораемых  материалов |
| 1 | 2 | 3 |
| *Открытые электропроводки* | | |
| На роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов | Непосредственно | Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов |
| Непосредственно | Непосредственно | Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов |
| В трубах и коробах из несгораемых материалов | В трубах и коробах из трудносгораемых и несгораемых материалов | Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых материалов |
| *Скрытые электропроводки* | | |
| С подкладкой несгораемых материалов и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов | Непосредственно | Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых материалов |
| С подкладкой несгораемых материалов | Непосредственно | Защищенные провода и кабели в оболочке из трудносгораемых материалов |
| Непосредственно | Непосредственно | Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых материалов |
| В трубах и коробах из трудносгораемых материалов – с подкладкой под трубы и короба несгораемых материалов и последующие оштукатуриванием | В трубах и коробах: из сгораемых материалов – замоноличенно, в бороздах и т.п., в сплошном слое несгораемых материалов | Незащищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых и несгораемых материалов |
| То же из несгораемых материалов – непосредственно | То же из трудносгораемых и несгораемых материалов - непосредственно |

Таблица 17 – Марки медных и алюминиевых проводов и области их применения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Марка | Конструкция | Область применения |
| ПР, АПР | Одножильный, с резиновой изоляцией, в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной ткани | Для открытой прокладки на роликах, клицах, изоляторах, в коробах и на лотках |
| ПВ, АПВ | То же, но с поливинилхлоридной изоляцией | То же, а также для прокладки в трубах (открыто и скрыто) и в каналах строительных конструкций |
| ПРТО, АПРТО | То же | Для прокладки в стальных и изоляционных трубах |
| ПВТО | То же | Для прокладки в стальных трубах |
| АПРВ | С резиновой изоляцией, в полихлорвиниловой оболочке | Для прокладки на лотках, в трубах и коробах, в канале строительных конструкций |
| ПРГ | Гибкий, одножильный, с резиновой изоляцией | Для подвижной электропроводки |
| ПРВ | То же, но с поливинилхлоридной изоляцией | То же |
| ППВ, АППВ | Двух- и трехжильный, с поливинилхлоридной изоляцией и перемычкой между жилами, плоский | Для открытой прокладки по стенам и перекрытиям |
| ППВС, АППВС | То же | Для беструбной скрытой прокладки |
| АРТ | Провод с несущим тросом с алюминиевыми жилами, резиновой изоляцией | Для тросовой прокладки внутри помещений в сетях напряжением до 1000 В |
| АВТ | То же, но с утолщенной поливинилхлоридной изоляцией | Для наружной прокладки в сетях  380 В |

Таблица 18 – Марки кабелей, рекомендуемые для прокладки в воздухе

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Область применения | С бумажной пропитанной изоляцией  в металлической оболочке | | С пластмассовой и резиновой  изоляцией и оболочкой | |
| при отсутствии опасности  механических  повреждений  в эксплуатации | при наличии  опасности  механических  повреждений  в эксплуатации | при отсутствии опасности  механических  повреждений  в эксплуатации | при наличии  опасности  механических  повреждений  в эксплуатации |
| Прокладка в помещениях (туннелях), каналах, полуэтажах, шахтах, коллекторах производственных помещений и т.п.:  а) сухих | ААГУ, ААШвУ | ААБлГУ | АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПвВГ2, АПВГ2, АПвсВГ, АПсВГ | АВВБГ, АВРБГ, АВБбШв, АПвВБГ2, АПАШв, АВАШв, АПвБбШв2, АПвсБбШв, АПсВБГ, АПвсБГ, АПВБГ2, АНРБГ |
| б) сырых, частично затапливаемых при наличии среды со слабой коррозионной активностью | ААШвУ | ААБлГУ |
| в) сырых, частично затапливаемых при наличии среды со средней и высокой коррозионной активностью | ААШвУ, АСШвУ1 | ААБвГУ, ААБ2лШвУ,  ААБлГУ, АСБлГУ1, АСБ2лГУ1, АСБ2лШвУ5 |
| Прокладка в пожароопасных помещениях | ААГУ, ААШвУ | ААБвГУ, ААБлГУ, АСБлГУ1 | АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АПвсВГ, АНРГ, АСРГ1 | АВВБГ, АВВБбГ, АВБбШв, АПсБбШв, АПвсБГ, АВРБГ, АСРБГ1 |
| Прокладка во взрывоопасных зонах класса:  а) В-I, В-Iа | СБГУ, СБШвУ, ААШвУ | – | ВВГ3, ВРГ3, НРГ3, СРГ3 | ВБВ, ВБбШв, ВВБбГ, ВВБГ, НРБГ, СРБГ1 |
| б) В-Iг, В-II | ААШвУ, ААБлГУ, АСБГУ1 | – | АВВГ, АВРГ, АНРГ | АВБВ, АВБбШв, АВВБбГ, АВВБГ, АВРБГ, АНРБГ, АСРБГ1, АВВБГ, АВРГ, АНРБГ, АСРБГ1 |
| в) В-Iб, В-IIа | ААШвУ, ААГУ, АСГУ1, АСШвУ1 | ААБлГУ, АСБГУ1 | АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ1 |

Продолжение таблицы 18

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Область применения | С бумажной пропитанной изоляцией  в металлической оболочке | | С пластмассовой и резиновой  изоляцией и оболочкой | |
| при отсутствии опасности  механических  повреждений  в эксплуатации | при наличии  опасности  механических  повреждений  в эксплуатации | при отсутствии опасности  механических повреждений  в эксплуатации | при наличии  опасности  механических  повреждений  в эксплуатации |
| Прокладка на эстакадах:  а) технологических | ААШвУ | ААБлГУ, ААБвГУ4, ААБ2лШвУ,  АСБлГУ1 | – | АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ, АПсВБГ, АПвсБГ, АВАШа |
| б) специальных кабельных | ААШвУ, ААБлГУ | – | АВВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ, АПвсВГ, АВАШв, АПАШв | АВВБГ, АВВБбГ, АВРБГ, АНРБГ, АВАШв, АПсВБГ, АПвВБГ, АПВБГ |
| в) по мостам | ААШвУ | ААБлГУ |
| Прокладка в блоках | СГУ, АСГУ | СГУ, АСГУ | АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ | АВВГ, АПсВГ, АПвВГ, АПВГ |

Примечание: 1 – применяется при условии согласования;

2 – для одиночных кабельных линий, прокладываемых в помещениях;

3 – для грунтовых осветительных сетей, во взрывоопасных зонах класса В-Iа;

4 – применяется при наличии химически активной среды;

5 – кабель марки АСБ2лШв может быть использован в исключительно редких случаях с особым обоснованием.

Таблица 19 – Поправочные коэффициенты на температуру земли и воздуха для нагрузок кабелей, голых и изолированных проводов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходнаятемпература, 0С | | Фактическая температура среды, 0С | | | | | | | | | | | |
| среды  (расчетная) | жил  (допустимая) | - 5 | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 | +25 | +30 | +35 | +40 | +45 | +50 |
| 15 | 80 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 | 0,73 | 0,68 |
| 25 | 80 | 1,24 | 1,20 | 1,17 | 1,13 | 1,09 | 1,04 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,8 | 0,74 |
| 25 | 70 | 1,29 | 1,24 | 1,20 | 1,15 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,81 | 0,74 | 0,67 |
| 15 | 65 | 1,18 | 1,14 | 1,1 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 |
| 25 | 65 | 1,32 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| 15 | 60 | 1,20 | 1,15 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| 25 | 60 | 1,36 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,13 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,76 | 0,66 | 0,54 |
| 15 | 55 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,86 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,50 | 0,36 |
| 25 | 55 | 1,41 | 1,35 | 1,29 | 1,23 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 |
| 15 | 50 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,84 | 0,76 | 0,66 | 0,54 | 0,37 | - |
| 25 | 50 | 1,48 | 1,41 | 1,34 | 1,26 | 1,18 | 1,09 | 1,00 | 0,89 | 0,78 | 0,63 | 0,45 | - |

Таблица 20 – Исходные данные для практической работы №7

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η | tфакт  0С | Характеристика окружающей среды |
| 1 | Фрезерный станок | 380 | 30  4  1,1 | 0,80  0,75  0,82 | 0,82  0,85  0,80 | 20 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, отсутствует опасность механического повреждения |
| 2 | Сверлильный станок | 380 | 13  5,5  1,1 | 0,78  0,80  0,82 | 0,84  0,89  0,85 | 20 | Сырое помещение  со слабой коррозионной  активностью отсутствует опасность механического повреждения |
| 3 | Радиально-сверлильный станок | 380 | 17  4  0,6 | 0,85  0,90  0,80 | 0,83  0,80  0,70 | 25 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, наличие опасности механического повреждения |
| 4 | Токарный станок | 380 | 40  3 | 0,82  0,85 | 0,85  0,82 | 20 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, отсутствует опасность механического повреждения |
| 5 | Покрасочно-сушильная  установка | 380 | 22  4 | 0,79  0,80 | 0,85  0,80 | 25 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, наличие опасности механического повреждения |
| 6 | Пресс | 380 | 30  10  0,6 | 0,80  0,78  0,75 | 0,80  0,82  0,84 | 25 | Взрывоопасная зона класса В-I, наличие опасности механического повреждения |
| 7 | Строгальный станок | 380 | 22  2,5 | 0,85  0,90 | 0,80  0,83 | 15 | Взрывоопасная зона класса В-IIа, отсутствие опасности механического повреждения |

Продолжение таблицы 20

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η | tфакт  0С | Характеристика окружающей среды |
| 8 | Карусельный станок | 380 | 13  0,8 | 0,80  0,70 | 0,84  0,82 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-Iб, наличие опасности механического повреждения |
| 9 | Револьверный станок | 380 | 17  7,5  0,8 | 0,80  0,82  0,80 | 0,76  0,80  0,77 | 20 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, наличие опасности  механического повреждения |
| 10 | Трубоотрезной станок | 380 | 40  5,5 | 0,80  0,92 | 0,83  0,90 | 20 | Сырое помещение  со слабой коррозионной  активностью, отсутствие опасности механического повреждения |
| 11 | Точило | 380 | 17  7,5 | 0,79  0,83 | 0,80  0,80 | 20 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, отсутствие опасности  механического повреждения |
| 12 | Долбежный станок | 380 | 22  5,5  1,1 | 0,70  0,80  0,82 | 0,80  0,79  0,80 | 20 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, наличие опасности  механического повреждения |
| 13 | Расточной станок | 380 | 30 | 0,60 | 0,80 | 15 | Сырое помещение с высокой коррозионной активностью, отсутствие опасности  механического повреждения |
| 14 | Обдирочный станок | 380 | 22  7,5 | 0,70  0,75 | 0,80  0,80 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-I, отсутствие опасности  механического повреждения |

Продолжение таблицы 20

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η | tфакт  0С | Характеристика окружающей среды |
| 15 | Фрезерный станок | 380 | 40 | 0,80 | 0,82 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-IIа, наличие опасности  механического повреждения |
| 16 | Сверлильный станок | 380 | 17  4  1,1 | 0,78  0,80  0,78 | 0,84  0,89  0,7 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-Iб, отсутствие опасности механического повреждения |
| 17 | Радиально-сверлильный станок | 380 | 13  3  0,55 | 0,85  0,90  0,80 | 0,83  0,80  0,70 | 25 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, отсутствует опасность механического повреждения |
| 18 | Токарный станок | 380 | 55  5,5 | 0,82  0,80 | 0,85  0,88 | 20 | Сырое помещение  со слабой коррозионной  активностью, наличие опасности механического повреждения |
| 19 | Покрасочно-сушильная  установка | 380 | 17  5,5 | 0,79  0,80 | 0,85  0,80 | 25 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, наличие опасности механического повреждения |
| 20 | Пресс | 380 | 22  13 | 0,80  0,78 | 0,80  0,82 | 25 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, отсутствует опасность механического повреждения |
| 21 | Строгальный станок | 380 | 17  4 | 0,85  0,79 | 0,80  0,84 | 15 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, наличие опасности механического повреждения |

Продолжение таблицы 20

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η | tфакт  0С | Характеристика окружающей среды |
| 22 | Карусельный станок | 380 | 17  1,1 | 0,80  0,70 | 0,84  0,82 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-I, наличие опасности механического повреждения |
| 23 | Револьверный станок | 380 | 10  5,5 | 0,80  0,82 | 0,76  0,80 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-IIа , отсутствие опасности механического повреждения |
| 24 | Трубоотрезной станок | 380 | 17  5,5 | 0,80  0,80 | 0,83  0,85 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-Iб, наличие опасности механического повреждения |
| 25 | Точило | 380 | 22  10 | 0,79  0,83 | 0,80  0,82 | 20 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, наличие опасности  механического повреждения |
| 26 | Долбежный станок | 380 | 17  4 | 0,79  0,80 | 0,81  0,79 | 20 | Сырое помещение  со слабой коррозионной  активностью, наличие опасности механического повреждения |
| 27 | Расточной станок | 380 | 30  7,5  1,1 | 0,65  0,78  0,82 | 0,85  0,83  0,90 | 15 | Сухое помещение, основание из несгораемого материала, отсутствие опасности  механического повреждения |
| 28 | Обдирочный станок | 380 | 17  1,5 | 0,73  0,75 | 0,80  0,80 | 20 | Сырое помещение со средней коррозионной активностью, наличие опасности  механического повреждения |

Продолжение таблицы 20

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η | tфакт  0С | Характеристика окружающей среды |
| 29 | Фрезерный станок | 380 | 22  2,5  0,6 | 0,80  0,91  0,87 | 0,82  0,84  0,92 | 20 | Сырое помещение с высокой коррозионной активностью, отсутствие опасности  механического повреждения |
| 30 | Сверлильный станок | 380 | 22  2,5 | 0,78  0,8 | 0,84  0,89 | 20 | Взрывоопасная зона класса В-I, отсутствие опасности  механического повреждения |

Таблица 21 – Результаты выбора проводника

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Электроприемник | | | | | | Окружающая среда | | | Кабель (провод) | | | |
| наименование | общая  номинальная мощность, Р ном, кВт | номинальное  напряжение  U ном, кВ | коэффициент  мощности  cos ϕ | КПД,  η | номинальный ток  I ном, А | фактическая температура  t факт, 0С | характеристика | поправочный  температурный  коэффициент к т | марка | количество, число жил и сечение | допустимый  длительный ток при  расчетной  температуре  Iд, А | допустимый  длительный ток при  фактической  температуре  I′д, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

###### **Практическая работа № 8**

#### Выбор аппаратов защиты электрических сетей до 1 кВ

*Цель работы:* научиться выбирать аппараты защиты электрических сетей напряжением

до 1 кВ

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Провода и кабели, выбранные по номинальному или максимальному току, в нормальном режиме могут испытывать нагрузки значительно превышающие допустимые из-за перегрузок электроприемников, а также при однофазных и междуфазных коротких замыкания, поэтому как электроприемники, так и участки сети должны защищаться защитными аппаратами: плавкими предохранителями, автоматическими выключателями, магнитными пускателями.

Главные функции аппаратуры управления и защиты:

* включение и отключение электроприемников и электрических цепей;
* электрическая защита их от перегрузки, коротких замыканий, понижения напряжения или самозапуска;
* регулирование числа оборотов электродвигателей;
* реверсирование двигателей;
* электрическое торможение.

Аппарат может быть предназначен для выполнения как одной, так и нескольких функций, что определяет его конструкцию и схему соединения. Аппаратура может срабатывать в результате воздействия на неё оператора, под влиянием физических процессов в электрической цепи.

Любую защиту характеризуют следующими показателями:

1. ***избирательность (селективность) действия***

свойство защиты отключать только поврежденный элемент системы и сохранять в работе в работе остальные, неповрежденные элементы системы.

1. ***время срабатывания***

время с момента возникновения повреждения до совершения следующих процессов: плавления плавкого элемента предохранителя, размыкания контактов автоматического выключателя.

1. ***зона действия***

элемент или совокупность элементов системы электроснабжения, на повреждения или на нарушение режима работы которых защита должна реагировать.

Различают две зоны действия защиты:

*основная -* содержит элементы, при повреждении которых аппараты защиты зоны срабатывают в первую очередь;

*резервирования –* содержит аппараты защиты, которые должны срабатывать в случае отказа в срабатывании аппаратов основной зоны.

1. ***надежность действия***

срабатывание защиты во всех необходимых случаях, отсутствие отказов в срабатывании и ложных срабатываний.

**Внимание!**

При выборе параметров защитных аппаратов следует учитывать, что аппарат, выбранный для защиты электроприемника, должен также защищать и провода (кабели), питающие этот электроприемник.

Перед выбором защитных и коммутационных аппаратов необходимо для защищаемого участка (элемента) определить: номинальное напряжение, количество фаз, номинальный ток (смотри практическую работу № 2).

*Основная функция плавких предохранителей*: защита электрических сетей от токов короткого замыкания.

Предохранители напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. *по номинальному напряжению*



1. *по номинальному току плавкой вставки*

* по длительному максимальному току линии



* по пусковому (пиковому) току

а) при защите ответвления, идущего к одиночному двигателю с нечастыми пусками и длительностью пускового периода не более 2,5 с:



б) при защите ответвления, идущего к одиночному двигателю с частыми пусками или большой длительностью пускового периода:



в) при защите линии, питающей силовую или смешанную нагрузку:



1. *по номинальному току предохранителя*



*Основные функции автоматических выключателей:* защита электрических сетей от токов перегрузки и короткого замыкания.

Автоматические выключатели напряжением до 1 кВ выбираются по следующим условиям:

1. *по номинальному напряжению*



1. *по номинальному току теплового расцепителя*

,

где Кт.р. – коэффициент теплового расцепителя.

* для нерегулируемого теплового расцепителя - 1,15
* для регулируемого теплового расцепителя - 1,25
* для электроприемника без пусковых токов - 1,0
* для группы электроприемников - 1,1

1. *по номинальному току электромагнитного расцепителя*

* для одиночного электроприемника



* для группы электроприемников



1. *по номинальному току автоматического выключателя*

,

где Iр – расчетный ток линии, А.

Расчетный ток определяется в зависимости от числа электроприемников, получающих питание по линии.

* для одиночного электроприемника

,

* для группы электроприемников



#### *Ход работы*

1. Определить исходные данные для расчетов по таблице 22.
2. Для защиты электроприемника выбрать тип и определить характеристики предохранителя устанавливаемого в распределительном шкафу серии ШРС1.
3. Результаты выбора предохранителя представить в виде таблицы 23.
4. Для защиты электроприемника выбрать тип и определить характеристики автоматического выключателя устанавливаемого в распределительном шкафу серии ПР8501.
5. Результаты выбора предохранителя представить в виде таблицы 24.
6. Сдать практическую работу в установленные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 22 – Исходные данные для практической работы №8

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η |
| 1 | Фрезерный станок | 380 | 30  4 | 0,80  0,75 | 0,82  0,85 |
| 2 | Сверлильный станок | 380 | 13  5,5 | 0,78  0,80 | 0,84  0,89 |
| 3 | Радиально-сверлильный  станок | 380 | 17  4 | 0,85  0,90 | 0,83  0,80 |
| 4 | Токарный станок | 380 | 40  3 | 0,82  0,85 | 0,85  0,82 |
| 5 | Покрасочно-сушильная  установка | 380 | 22  4 | 0,79  0,80 | 0,85  0,80 |
| 6 | Пресс | 380 | 30  10 | 0,80  0,78 | 0,80  0,82 |
| 7 | Строгальный станок | 380 | 22  2,5 | 0,85  0,90 | 0,80  0,83 |
| 8 | Карусельный станок | 380 | 13  0,8 | 0,80  0,70 | 0,84  0,82 |
| 9 | Револьверный станок | 380 | 17  7,5 | 0,80  0,82 | 0,76  0,80 |
| 10 | Трубоотрезной станок | 380 | 40  5,5 | 0,80  0,92 | 0,83  0,90 |
| 11 | Точило | 380 | 17  7,5 | 0,79  0,83 | 0,80  0,80 |
| 12 | Долбежный станок | 380 | 22  5,5 | 0,70  0,80 | 0,80  0,79 |
| 13 | Расточной станок | 380 | 30 | 0,60 | 0,80 |
| 14 | Обдирочный станок | 380 | 22  7,5 | 0,70  0,75 | 0,80  0,80 |
| 15 | Фрезерный станок | 380 | 40 | 0,80 | 0,82 |
| 16 | Сверлильный станок | 380 | 17  4 | 0,78  0,80 | 0,84  0,89 |
| 17 | Радиально-сверлильный станок | 380 | 13  3 | 0,85  0,90 | 0,83  0,80 |
| 18 | Токарный станок | 380 | 55  5,5 | 0,82  0,80 | 0,85  0,88 |
| 19 | Покрасочно-сушильная  установка | 380 | 17  5,5 | 0,79  0,80 | 0,85  0,80 |

Продолжение таблицы 22

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Наименование электроприемника | Uном  В | Мощность  электроустановки  (двигателей)  Рном, кВт | cosϕ | η |
| 20 | Пресс | 380 | 22  13 | 0,80  0,78 | 0,80  0,82 |
| 21 | Строгальный станок | 380 | 17  4 | 0,85  0,79 | 0,80  0,84 |
| 22 | Карусельный станок | 380 | 17  1,1 | 0,80  0,70 | 0,84  0,82 |
| 23 | Револьверный станок | 380 | 10  5,5 | 0,80  0,82 | 0,76  0,80 |
| 24 | Трубоотрезной станок | 380 | 17  5,5 | 0,80  0,80 | 0,83  0,85 |
| 25 | Точило | 380 | 22  10 | 0,79  0,83 | 0,80  0,82 |
| 26 | Долбежный станок | 380 | 17  4 | 0,79  0,80 | 0,81  0,79 |
| 27 | Расточной станок | 380 | 30  7,5 | 0,65  0,78 | 0,85  0,83 |
| 28 | Обдирочный станок | 380 | 17  1,5 | 0,73  0,75 | 0,80  0,80 |
| 29 | Фрезерный станок | 380 | 22  2,5 | 0,80  0,91 | 0,82  0,84 |
| 30 | Сверлильный станок | 380 | 22  2,5 | 0,78  0,8 | 0,84  0,89 |

Таблица 23 – Результаты выбора предохранителя

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное  устройство | Предохранитель | | | Электроприемник | | | |
| Тип | Номинальный ток  Iном.пр, А | Ток  плавкой вставки  Iном.вст, А | Наименование | Номинальная  (установленная)  мощность  Рном, кВт | Номинальный (расчетный) ток  Iном, А | Пусковой  (пиковый) ток  Iпуск, А |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 24 – Результаты выбора автоматического выключателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Автоматический выключатель | | | | Электроприемник | | | |
| Тип | Номинальный ток  Iном.ав, А | Ток теплового  расцепителя  Iтр, А | Ток уставки  электромагнитного расцепителя Iу.э.р., А | Наименование | Номинальная  (установленная)  мощность  Рном, кВт | Номинальный (расчетный) ток  Iном, А | Пусковой  (пиковый) ток  Iпуск, А |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

###### **Практическая работа № 9**

#### Выбор сечения проводников с учетом аппаратов защиты

*Цель работы:* научиться выбирать сечения проводников по защищенности аппаратом защиты

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Сечения проводов и кабелей, выбранных по нагреву, должны проверяться в соответствии с ПУЭ, по условию соответствия выбранному аппарату защиты:



где Кз – коэффициент защиты, характеризующий кратность допустимого длительного тока провода (кабеля) Iд.д., по отношению к номинальному току срабатывания защитного аппарата Iз.а.

Значения Кз определяются по таблице 25 в зависимости от принятого вида защиты, требований к ней, характера сети, изоляции проводов или кабелей и условий их прокладки.

Эти соотношения в сетях, защищаемых от токов перегрузки, часто оказываются решающими при выборе сечения проводов. Если расчетный ток провода Iпр, найденный по таблице 25, не совпадает с данными таблиц допустимых длительных токовых нагрузок, то ПУЭ (п.3.1.13.) разрешают применение проводника ближайшего меньшего сечения, но не менее, чем это требуется по расчетному току.

#### *Ход работы*

1. Определить исходные данные по таблице 21 практической работы №7 и таблицам 23 и 24 практической работы №8.
2. Проверить сечение проводника на соответствие выбранным аппаратам защиты.
3. Результаты проверки представить в виде таблицы 26 или таблицы 27.
4. Начертить схемы подключения электроприемника с учетом выбранного аппарата защиты и заданного типа узла питания.
5. Сдать практическую работу в установленные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 25 – Коэффициенты защиты Кз

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип и токзащитногоаппарата | Коэффициенты защиты Кз | | | |
| сети, для которых защита от перегрузки обязательна | | | сети,  не  требующие  защиты  от  перегрузки |
| провода с резиновой и аналогичной  по тепловым характеристикам  изоляцией | | кабели с  бумажной изоляцией |
| взрывопожароопасные помещения,  жилые,торговые  помещения и т.д. | невзрыво- и  непожароопасные производственные  помещения  предприятий |
| Номинальный ток плавкой вставки предохранителей | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,33 |
| Ток уставки автоматического выключателя с максимальным мгновенно действующим расцепителем | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,22 |
| Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Ток трогания (срабатывания) расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратнозависимой от тока характеристикой | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,66 |

Таблица 26 – Результаты проверки проводника на соответствие предохранителю

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное  устройство | Предохранитель | | | Кабель (провод) | | | | Электроприемник | | | | |
| Тип | Номинальный ток  Iном.пр, А | Ток  плавкой вставки  Iном.вст, А | Марка | Кол-во, число жил и сечение | Допустимый длительный ток  при  расчетной температуре  Iд, А | Допустимый длительный  ток  при  фактической температуре  I′д, А | Наименование | Общая  номинальная  мощность  Рном, кВт | Номинальный ток  Iном, А | Пусковой ток  Iпуск, А | Коэффициент  α |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 27 – Результаты проверки проводника на соответствие автоматическому выключателю

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределительное устройство | Автоматическийвыключатель | | | | Кабель (провод) | | | | Электроприемник | | | | |
| Тип | Номинальный ток  Iном.ав, А | Ток теплового  расцепителя  Iтр, А | Ток уставки  электромагнитного расцепителя Iу.э.р., А | Марка | Кол-во, число жил и сечение | Допустимый длительный ток  при  расчетной температуре  Iд, А | Допустимый длительный  ток  при  фактической температуре  I′д, А | Наименование | Общая  номинальная  мощность  Рном, кВт | Номинальный ток  Iном, А | Пусковой ток  Iпуск, А | Коэффициент  α |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

###### **Практическая работа № 10**

#### Выбор сечения проводников по потери напряжения

*Цель работы:* научиться выбирать сечения проводов (кабелей) по допустимой потере напряжения в электрических сетях внутреннего электроснабжения

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Согласно требований Правил устройства электроустановок электрические сети внутреннего электроснабжения должны быть проверены по потери напряжения.

Потери напряжения на участке сети внутреннего электроснабжения в нормальном режиме не должны превышать 5% номинального напряжения электрической сети.

Фактические потери напряжения на участке электрической сети внутреннего электроснабжения определяются по формуле:

где *Р* – активная мощность передаваемая по линии, кВ;

*l* – длина линии, м;

*F* – сечение кабеля, мм2.

Коэффициент С для расчета потерь напряжения на участке электрической сети внутреннего электроснабжения определяется по таблице 28 в зависимости от уровня напряжения и системы сети, рода тока и материала жил провода или кабеля.

Таблица 28 – **Значения коэффициента С**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номинальное напряжение сети  , кВ | Система сети и род тока | Значения коэффициента С  для проводов | |
| с медными  жилами | с алюминиевыми жилами |
| 0,38 / 0,22 | Три фазы с нулевым проводом | 77 | 46 |
| Две фазы с нулевым проводом | 34 | 20 |
| Одна фаза и нулевой провод | 12,8 | 7,7 |

#### *Ход работы*

1. Определить исходные данные по таблицам 26 и 27 практической работы №9.
2. Принять длину проверяемого участка электрической сети внутреннего электроснабжения *l=*15 м.
3. Определить фактические потери напряжения для двух вариантов исполнения защиты участка электрической сети внутреннего электроснабжения:

а) предохранителями;

б) автоматическим выключателем.

1. Сделать вывод о соответствии потери напряжения в проводнике выбранного сечения требованиям Правил устройства электроустановок.
2. Начертить схемы подключения электроприемника к распределительному устройству для двух вариантов исполнения защиты участка электрической сети внутреннего электроснабжения:

а) предохранителями;

б) автоматическим выключателем.

1. Указать в схемах подключения электроприемника характеристики следующих элементов электрической сети внутреннего электроснабжения:

а) распределительного устройства;

б) аппаратов защиты;

в) проводников (проводов или кабелей);

г) электроприемника.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

###### **Практическая работа № 11**

**Выбор схемы подключения, числа и типа компенсирующих устройств**

**в сетях напряжением до 1 кВ**

|  |  |
| --- | --- |
| *Цели работы:* | 1. научиться определять средние и расчетные мощности промышленного предприятия для выбора компенсирующих устройств в сетях напряжением до 1 кВ; 2. научиться выбирать схему подключения компенсирующих устройств в электрических сетях внутреннего электроснабжения; 3. научиться выбирать количество компенсирующих устройств в электрических сетях внутреннего электроснабжения с учетом принятой схемы электроснабжения; 4. научиться выбирать типы компенсирующих устройств с учетом требований энергоснабжающей организации и характеристик электрической сети внутреннего электроснабжения. |

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

При разработке проекта электроснабжения промышленного предприятия необходимо определить максимальную электрическую мощность, передачу которой следует обеспечить для нормальной работы объекта. В зависимости от этого значения, называемого *расчетной нагрузкой*, выбираются источник электроснабжения и все оборудование электрической сети, обеспечивающее передачу требуемой мощности: линии, трансформаторы, распределительные устройства. Неточность определения расчетной нагрузки влечет за собой или перерасход проводникового материала во всей электросети, или ненадежность электроснабжения.

Максимальная мощность, потребляемая группой электроприемников с переменной нагрузкой, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих электроприемников. Это объясняется тем, что приемники не всегда загружаются на полную мощность, а их наибольшие нагрузки не совпадают по времени. Это необходимо учитывать при выборе элементов системы электроснабжения во избежание завышения их пропускной способности и стоимости.

В настоящее время расчет электрических нагрузок сетей промышленных предприятий напряжением до 1 кВ производится методом упорядоченных диаграмм.

Расчет электрических нагрузок по цеху производится с целью выявления общего количества и мощности цеховых трансформаторных подстанций.

Исходными данными для расчета электрических нагрузок цеха являются результаты расчета электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм по каждому узлу питания цеха (магистральному, распределительному, троллейному и осветительному шинопроводам; распределительным пунктам, шкафам, щитам).

*Порядок расчета электрических нагрузок цеха методом упорядоченных диаграмм:*

1. Расчет выполняется по форме Ф636-90.
2. Исходные данные для каждого узла питания заносятся в таблицу 1 (графы 1÷14) отдельной строкой для каждого узла питания. При этом также учитываются электроприемники подключаемые непосредственно к сборным шинам трансформаторной подстанции (порядок расчета нагрузок для таких электроприемников приведен в практической работе № 1).
3. Результаты расчета силовой нагрузки цеха заносятся одной строкой (графы 1÷14).
4. В графе 1 записывается «Итого силовая нагрузка по цеху».
5. В графе 2 указывается общее количество электроприемников в цехе.
6. В графе 3 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников цеха.
7. Определяется общая номинальная мощность силовой нагрузки цеха (графа 4) по формуле:



где Рном.УП – общая номинальная мощность узла питания цеха, кВт.

1. Определяются средняя активная и средняя реактивная мощности силовой нагрузки (графы 7 и 8) по формулам:





где Рс.УП – средняя активная мощность узла питания цеха, кВт;

Qс.УП – средняя реактивная мощность узла питания цеха, квар.

1. Определяется средневзвешенный коэффициент использования (графа 5) по формуле:

.

1. Определяется средневзвешенный коэффициент мощности по цеху (графа 6) по формуле:

.

1. Определяется эффективное число электроприемников (графа 9) по формуле:



где Рнmax - номинальная мощность наиболее мощного ЭП, кВт.

Если найденное по этой формуле число п э окажется больше п, то следует принимать пэ = п.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число п э.

1. Определяется по таблице 29 данных методических рекомендаций коэффициент расчетной нагрузки к р в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников.
2. Определяется расчетная активная мощность цеха (графа 11) по формуле:



1. Определяется расчетная реактивная мощность на шинах цеховой трансформаторной подстанции (графа 12) по формуле:



Таблица 29 – Значение коэффициентов расчетной нагрузки кр для шин НН цеховых

трансформаторов напряжением до 1 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п э | Коэффициент использования ки | | | | | | | |
| 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  и более |
| 1 | 6 | 5,33 | 4 | 2,67 | 2 | 1,6 | 1,33 | 1,14 |
| 2 | 5,01 | 3,44 | 2,69 | 1,9 | 1,52 | 1,24 | 1,11 | 1,0 |
| 3 | 2,94 | 2,17 | 1,8 | 1,42 | 1,23 | 1,14 | 1,08 | 1,0 |
| 4 | 2,28 | 1,73 | 1,46 | 1,19 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 0,97 |
| 5 | 1,31 | 1,12 | 1,02 | 1,0 | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,93 |
| 6÷8 | 1,2 | 1,0 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |
| 9÷10 | 1,1 | 0,97 | 0,91 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 10÷25 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| 25÷50 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,85 |
| более 50 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,7 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,8 |

1. Полная расчетная мощность силовой нагрузки цеха (графа 13) определяется по формуле:



1. Значение расчетного тока на шинах цеховой трансформаторной подстанции при подключении силовых электроприемников определяется по выражению:



Значение Iр.сил. заносится в графу 14 итоговой строки.

Если от шин трансформаторной подстанции питается силовая и осветительная нагрузка, то расчет осветительной нагрузки разрешается вносить в форму Ф636-90 отдельной строкой.

Нагрузка на шинах трансформаторной подстанции при подключении силовых электроприемников и осветительных установок записывается отдельной строкой «Итого с освещением» и определяется в следующем порядке:

1. Определяется общая номинальная мощность нагрузки цеха (графа 4) по формуле:

где – общая номинальная мощность силовых электроприемников цеха, кВт;

– общая номинальная мощность осветительных установок цеха (принимается по расчетам практической работы №6), кВт.

1. Определяется средняя активная и средняя реактивная мощности нагрузки цеха (графы 7 и 8) по формулам:

где – средняя активная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– средняя активная мощность осветительных установок цеха, кВт.

где – средняя реактивная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– средняя реактивная мощность осветительных установок цеха, кВт.

1. Определяется средневзвешенный коэффициент мощности по цеху (графа 6) по формуле:
2. Определяется расчетная активная мощность цеха (графа 11) по формуле:

где – расчетная активная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– расчетная активная мощность осветительных установок цеха, кВт.

1. Определяется расчетная реактивная мощность на шинах цеховой трансформаторной подстанции (графа 12) по формуле:

где – расчетная реактивная мощность силовой нагрузки цеха, кВт;

– расчетная реактивная мощность осветительных установок цеха, кВт.

1. Полная расчетная мощность цеха (графа 13) определяется по формуле:
2. Значение расчетного тока на шинах цеховой трансформаторной подстанции при подключении силовых электроприемников и осветительных установок определяется по выражению:

Значение Iр.цеха заносится в графу 14 итоговой строки формы Ф636-90.

При выборе мощности трансформаторов необходимо учитывать мощность устанавливаемых компенсирующих устройств напряжением до 1 кВ.Снижая потребление приемниками реактивной мощности можно уменьшить трансформаторную мощность подстанций.

Различают два вида компенсации реактивной мощности:

1. естественная (без установки специальных устройств)
2. искусственная (с установкой специальных устройств)

К техническим средствам компенсации реактивной мощности относятся следующие виды компенсирующих устройств:

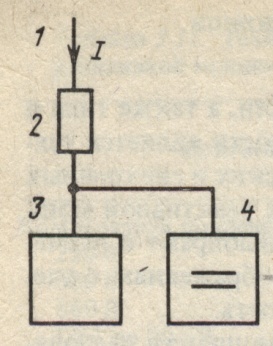
* конденсаторные батареи (БК);
* синхронные двигатели;
* вентильные статические источники реактивной мощности (ИРМ).

Согласно Правил устройства электроустановок (седьмое издание, п. 1.2.24) выбор и размещение компенсирующих устройств в электрических сетях производится исходя из необходимости обеспечения требуемой пропускной способности сети в номинальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости.

Как КБ, так и другие компенсаторы реактивной мощности располагают:

1. в непосредственной близости к отдельным электроприемникам, включая присоединение к их зажимам (*индивидуальная компенсация реактивной мощности*);

Простейшая разновидность индивидуальной компенсации заключается в присоединении конденсаторов непосредственно к зажимам электроприемников (рисунок 11).



1 – питающая линия (– ток);

2 – коммутационная аппаратура электроприемника;

3 – электроприемник;

4 – конденсатор или конденсаторная установка.

Рисунок 11 – Схема индивидуальной компенсации реактивной мощности

Благодаря отсутствию каких-то коммутационных аппаратов и специальных разрядных сопротивлений достигается минимально возможная удельная стоимость такой установки, определяемая практически только стоимостью самих конденсаторов. В случае маломощных электроприемников используются менее мощные дешевые бумажно- или пленочно-металлические конденсаторы, выбираемые по амплитудному значению напряжения электроприемников. Иногда такие конденсаторы встраивают в электроприемники (например, в светильники с разрядными лампами). Так как реактивная мощность конденсаторов, глухо соединенных с зажимами электроприемников, во времени постоянна, то в случае переменного графика работы электроприемника их во избежание перекомпенсации выбирают по номинальной реактивной мощности приемника (например, по реактивной мощности холостого хода).

Недостатками индивидуальной компенсации с глухоприсоединенными конденсаторами являются следующие:

* отключение конденсаторов вместе с электроприемником, что приводит к малому годовому времени их использования и к существенному повышению приведенных затрат на генерирование реактивной мощности;
* снижение надежности работы электроприемника, т.к. даже при встроенной защите конденсаторов возможны случайные повреждения на зажимах и в проводке конденсаторов, приводящие к отключению электроприемника.

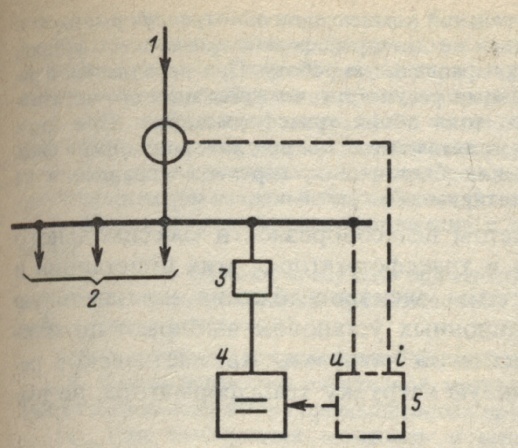
По этим причинам индивидуальная компенсация реактивной мощности применяется при длительной работе электроприемников с достаточно низким коэффициентом мощности и при большом снижении потерь электроэнергии в питающей линии и преобразователях. Типичными примерами являются светильники с разрядными лампами и индукционные электротермические установки. В асинхронном электроприводе, отличающемся обычно малым коэффициентом использования, индивидуальная компенсация встречается редко.

В случае мощных электроприемников установки индивидуальной компенсации снабжают коммутационной и защитной аппаратурой, разрядными устройствами и автоматическим регулированием.

Выбор устройств индивидуальной компенсации производят на основании технико-экономического сравнения с групповой или центральной компенсацией.

1. в сетевых узлах (*групповая компенсация реактивной мощности*);

Групповая компенсация заключается в подключении КБ или других компенсирующих устройств к групповым щиткам или другим сетевым узлам, удаленным от источников питания сети линиями, в которых благодаря такой компенсации существенно снижаются потери электроэнергии (рисунок 12).



1 – линия питания сетевого узла;

2 – линии, отходящие к электроприемникам или их группам;

3 – коммутационная аппаратура;

4 – конденсаторная батарея;

5 – устройство автоматического регулирования (может и отсутствовать).

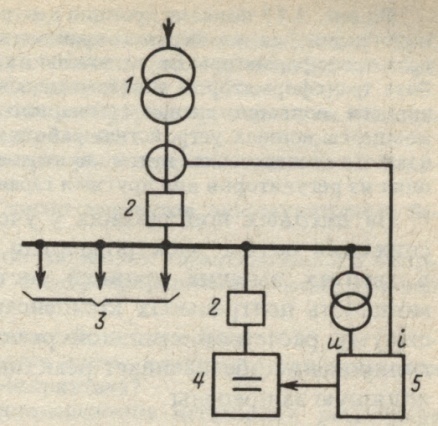
Рисунок 12 – Схема групповой компенсации реактивной мощности

При малой мощности или при незначительной неравномерности графика потребляемой реактивной мощности групповое компенсирующее устройство может быть нерегулируемым, и его выбирают во избежание перекомпенсации по минимуму графика реактивной мощности. Однако примерно с мощности 50 квар при существенных суточных колебаниях потребляемой реактивной мощности может оказаться экономически выгодным автоматическое регулирование (пунктирная часть на рисунке 12); в таком случае номинальную мощность устройства выбирают по максимуму расчетного суточного графика реактивной мощности.

Эффективность применения установок групповой компенсации определяют путем технико-экономического сравнения с центральной компенсацией.

1. на подстанциях, с присоединением к шинам низшего напряжения (*центральная компенсация реактивной мощности);*

Центральная компенсация заключается в подключении крупных КБ или других компенсирующих установок к шинам низшего напряжения цеховых или главных понизительных подстанций (рисунок 13).



1 – понижающий трансформатор;

2 – коммутационная аппаратура;

3 – отходящие линии;

4 – КБ или другое устройство компенсации;

5 – устройство автоматического регулирования.

Рисунок 13 – Схема центральной компенсации реактивной мощности

Коэффициент использования таких установок выше, чем у групповых установок компенсации, а удельная стоимость благодаря укрупнению установок меньше. Кроме того, облегчается эксплуатация компенсационных установок и повышается их надежность. Все это, несмотря на расходы, связанные с передачей реактивной мощности по питаемой сети, снижает суммарные приведенные затраты. Поэтому в сетях с относительно короткими линиями и малыми потерями мощности в них основным способом компенсации реактивной мощности стала именно центральная компенсацияПри достаточно равномерном графике реактивной нагрузки устройства центральной компенсации не требуют автоматического регулирования; чаще, однако, графики нагрузки настолько неравномерны, что автоматическое регулирование становится неизбежным. Часть КБ, соответствующая минимуму реактивной нагрузки, остается постоянно подключенной.

Мощность компенсирующих устройств выбирается с учетом требований энергетической системы. Энергосистема может регламентировать потребление реактивной мощности по двум вариантам:

*вариант 1:* устанавливается рекомендуемый коэффициент мощности на шинах ВН подстанции (tg ϕрек.) (по системе Челбэнерго допускается принимать tgφрек=0,36÷0,38).

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств определяется по формуле:

Qку ≈ (tg ϕфакт – tg ϕрек),

где – расчетная активная мощность цеха, кВт;

tg ϕфакт – фактический коэффициент мощности на шинах ВН до установки компенсирующих устройств;

tg ϕрек – рекомендуемый энергосистемой коэффициент мощности.

*вариант 2:* наибольшая реактивная мощность Qсист., которая может быть передана из энергосистемы в режиме ее наибольших активных нагрузок в сети предприятия.

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств определяется по формуле:

Qку = Qр – Qсист.,

где Qр – расчетная реактивная мощность предприятия, квар;

Qсист. – наибольшая реактивная мощность, передаваемая из энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок в сети предприятия, квар.

Стандартная мощность одного компенсирующего устройства подключаемого на шину распределительного устройства определяется по формуле:

где – количество сборных шин распределительного устройства, шт.

Тип компенсирующего устройства выбирается с учетом номинального напряжения, номинальной реактивной мощности батареи, место расположения конденсаторной батареи.

Для выбора типа компенсирующего устройства необходимо учитывать:

1. схему подключения (индивидуальная, групповая, центральная);
2. номинальное напряжение

где – номинальное напряжение конденсаторной установки, кВ;

- номинальное напряжение электрической сети внутреннего электроснабжения, кВ.

1. номинальную мощность

Qку.ст.сш≥Qку

1. климатическое исполнение

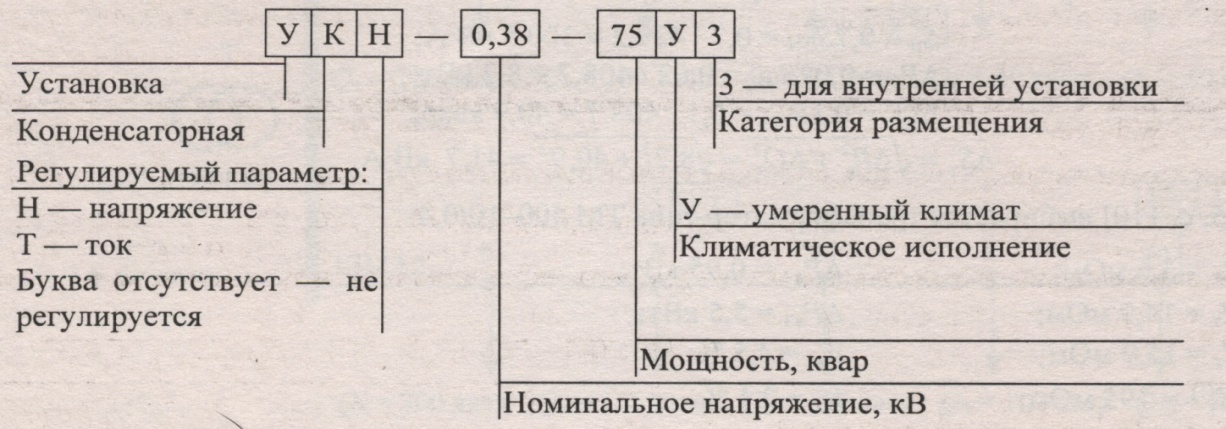
ХЛ – холодный климат;

Т – тропический климат;

У –умеренный климат.

1. степень защиты установки от воздействий окружающей среды (попадание твердых веществ и влаги).

Структура условного обозначения компенсирующих устройств:



Технические характеристики компенсирующих устройств приведены в таблице 30.

#### Общая стандартная мощность компенсирующих устройств, подключаемых к шинам распределительного устройства, определяется по формуле:

Средняя реактивная мощность передаваемая по сети внутреннего электроснабжения после подключения компенсирующего устройства определяется по формуле:

С целью проверки правильности выбора мощности компенсирующих устройств рассчитывается коэффициент мощности tg ϕфакт.ку по формуле

При правильном выборе компенсирующих устройств выполняется условие:

Если условие не выполняется, то необходимо увеличить общую стандартную мощность компенсирующих устройств подключаемых к шинам распределительного устройства до значения, при котором выполнится проверочное условие.

Стандартное значение соответствующее условию проверки указывается в форме Ф636-90 в строке «Компенсация реактивной мощности» графах 8 и 12 со знаком минус, т.к. подключаемое компенсирующее устройство не является нагрузкой для шин распределительного устройства, а выдает реактивную мощность в электрическую сеть внутреннего электроснабжения.

Таблица 30 – Технические данные низковольтных комплектных конденсаторных

установок

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип | Напряжение, кВ | Мощность, квар |
| УК2-0,38-50 У3 | 0,38 | 50 |
| УК2-0,38-50 У3 экспорт | 0,38 | 50 |
| УК3-0,38-75 У3 | 0,38 | 75 |
| УК3-0,38-75 У3 экспорт | 0,38 | 75 |
| УК4-0,38-100 У3 | 0,38 | 100 |
| УК4-0,38-100 У3 экспорт | 0,38 | 100 |
| УКБН-0,38-100-50 У3 | 0,38 | 100 |
| УКБН-0,38-200-50 У3 | 0,38 | 200 |
| УКБН-0,38-200-50 У3 экспорт | 0,38 | 200 |
| УКБ-0,38-150 У3 | 0,38 | 150 |
| УКТБ-0,38-150 У3 | 0,38 | 150 |
| УКБН-0,38-135 Т3 | 0,38 | 135 |
| УКБН-0,44-135 Т3 | 0,44 | 135 |
| УКТ-0,38-150 У3 | 0,38 | 150 |
| УКМ-0,38-150 У3 экспорт | 0,38 | 150 |
| УК-0,38-75 У3 экспорт | 0,38 | 75 |
| УК-0,38-150 У3 экспорт | 0,38 | 150 |
| УКЛН-0,38-150-50 У3 экспорт | 0,38 | 150 |
| УКЛН-0,38-300-150 У3 | 0,38 | 300 |
| УКЛН-0,38-300-150 У3 экспорт | 0,38 | 300 |
| УКЛН-0,38-450-150 У3 | 0,38 | 450 |
| УКЛН-0,38-450-150 У3 экспорт | 0,38 | 450 |
| УКЛН-0,38-600-150 У3 | 0,38 | 600 |
| УКНТ-0,4-200-33 1/3У3 | 0,4 | 200 |
| УКМ-0,4-250-50 У3 | 0,4 | 250 |

#### *Ход работы*

1. Определить основные характеристики узлов питания силовой нагрузки по таблице 31 и освещения нагрузки по результатам практической работы №6.
2. Определить расчетную силовую нагрузку цеха методом упорядоченных диаграмм. Результаты расчета представить в виде таблицы 32.
3. Результаты расчета осветительной нагрузки представить из практической работы №6 в таблице 32 отдельной строкой.
4. Начертить схему подключения компенсирующего устройства с указанием всех элементов.
5. Определить стандартную мощность одного компенсирующего устройства.
6. Определить общую стандартную мощность компенсирующих устройств, подключаемых к шинам распределительного устройства.
7. Выбрать тип компенсирующих устройств.
8. Выполнить проверку правильности выбора мощности компенсирующих устройств.
9. Результаты расчетов представить в таблице 32.
10. Сдать практическую работу в установленные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 31 – Исходные данные для расчета силовой нагрузки и выбора трансформаторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 1 | I | РП-1 | 9 | 38 | 152 | 114 | 46 |
| РП-2 | 5 | 58 | 260 | 208 | 67 |
| РП-3 | 9 | 71 | 240 | 192 | 67 |
| РП-4 | 8 | 77 | 180 | 145 | 50 |
| РП-5 | 4 | 15 | 50 | 37 | 13 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 2 | III | РП-1 | 3 | 20 | 52 | 13 | 15 |
| РП-2 | 4 | 11 | 20 | 5 | 5,8 |
| РП-3 | 4 | 5 | 20 | 16 | 10 |
| РП-4 | 3 | 20 | 52 | 13 | 15 |
| РП-5 | 3 | 20 | 51 | 13 | 5 |
| РП-6 | 3 | 15 | 45 | 11 | 13 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 3 | II | РП-1 | 6 | 15 | 75 | 60 | 27 |
| РП-2 | 6 | 15 | 59 | 39 | 16 |
| РП-3 | 6 | 12 | 50 | 32 | 22 |
| РП-4 | 7 | 45 | 100 | 45 | 15 |
| РП-5 | 6 | 70 | 203 | 120 | 80 |
| РП-6 | 5 | 70 | 157 | 85 | 32 |
| РП-7 | 5 | 45 | 180 | 90 | 29 |
| ТР-1 | 1 | 70 | 70 | 7 | 12 |
| ТР-2 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 4 | III | РП-1 | 11 | 3 | 22 | 8 | 7,2 |
| РП-2 | 5 | 4 | 18 | 2,5 | 4,3 |
| РП-3 | 6 | 10,8 | 30 | 7,5 | 10 |
| РП-4 | 5 | 3,8 | 17,4 | 7,8 | 13,6 |
| РП-5 | 6 | 75 | 238 | 47,6 | 81 |
| РП-6 | 8 | 35 | 170 | 68 | 95 |
| ТР-1 | 1 | 27 | 27 | 2,7 | 4,7 |
| ТР-2 | 1 | 71 | 71 | 7,1 | 12,3 |
| 5 | III | РП-1 | 7 | 40 | 160 | 70 | 31 |
| РП-2 | 9 | 75 | 356 | 179 | 60 |
| РП-3 | 5 | 36 | 148 | 74 | 24 |
| РП-4 | 3 | 27 | 81 | 19 | 23 |
| РП-5 | 7 | 55 | 140 | 35 | 39 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| ТР-3 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |
| 6 | II | МР-1 | 14 | 17 | 154 | 35 | 60 |
| РП-1 | 7 | 4 | 28 | 5,6 | 9,7 |
| РП-2 | 8 | 55 | 365 | 52 | 78 |
| РП-3 | 10 | 40 | 124 | 31 | 48 |
| РП-4 | 4 | 75 | 230 | 34,5 | 53 |
| РП-5 | 4 | 22 | 88 | 18 | 27 |
| ТР-1 | 1 | 70 | 70 | 7 | 12 |
| ТР-2 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 7 | I | РП-1 | 6 | 40 | 168 | 134 | 45 |
| РП-2 | 5 | 13 | 59 | 15 | 17 |
| РП-3 | 6 | 10 | 60 | 15 | 17,5 |
| РП-4 | 8 | 5,5 | 44 | 11 | 13 |
| РП-5 | 6 | 7,5 | 37 | 9 | 11 |
| РП-6 | 6 | 75 | 305 | 244 | 73 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |
| 8 | II | РП-1 | 8 | 40 | 280 | 70 | 88 |
| РП-2 | 6 | 30 | 156 | 36 | 43 |
| РП-3 | 7 | 45,5 | 224,5 | 56 | 70 |
| РП-4 | 6 | 27,5 | 165 | 66 | 73 |
| РП-5 | 6 | 30 | 180 | 30 | 34,5 |
| РП-6 | 8 | 40 | 280 | 120 | 144 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-3 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| 9 | III | РП-1 | 6 | 10 | 38 | 7,5 | 10 |
| РП-2 | 4 | 5,5 | 22 | 3 | 5,5 |
| РП-3 | 4 | 13 | 52 | 7,3 | 12,6 |
| РП-4 | 8 | 13 | 67 | 21,5 | 20,5 |
| РП-5 | 6 | 7,5 | 30 | 13 | 23 |
| РП-6 | 5 | 7,5 | 37,5 | 5,5 | 9,5 |
| РП-7 | 8 | 30 | 240 | 65 | 113 |
| ТР-1 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 10 | III | ТР-1 | 1 | 69 | 69 | 6,9 | 12 |
| ТР-2 | 1 | 69 | 69 | 6,9 | 12 |
| РП-1 | 6 | 18 | 69 | 35 | 58 |
| РП-2 | 10 | 13 | 86 | 22 | 37 |
| РП-3 | 8 | 15,5 | 96,5 | 19 | 35 |
| РП-4 | 3 | 30 | 90 | 27 | 46 |
| РП-5 | 4 | 10 | 37,5 | 9,4 | 17 |
| РП-6 | 7 | 10 | 57,5 | 12,7 | 19 |
| РП-7 | 7 | 15,5 | 96,5 | 24 | 38,6 |
| 11 | II | РП-1 | 9 | 35,5 | 147 | 120 | 52 |
| РП-2 | 5 | 55 | 130 | 105 | 75 |
| РП-3 | 10 | 75 | 300 | 240 | 165 |
| РП-4 | 5 | 75 | 300 | 238 | 0 |
| РП-5 | 8 | 10 | 66 | 53 | 0 |
| РП-6 | 7 | 40 | 205 | 140 | 122 |
| РП-7 | 6 | 15,5 | 45 | 10 | 8 |
| ТР-1 | 1 | 69 | 69 | 6,9 | 12 |
| 12 | I | РП-1 | 6 | 75 | 220 | 120 | 69 |
| РП-2 | 4 | 75 | 225 | 115 | 36 |
| РП-3 | 5 | 40 | 150 | 75 | 25 |
| РП-4 | 4 | 15,5 | 62 | 15,5 | 20 |
| РП-5 | 5 | 27,5 | 137,5 | 34,5 | 58 |
| РП-6 | 6 | 55 | 195 | 58,5 | 67 |
| ТР-1 | 1 | 69 | 69 | 6,9 | 12 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 13 | II | РП-1 | 6 | 15,5 | 93 | 24 | 36 |
| РП-2 | 7 | 25,5 | 105 | 26 | 30 |
| РП-3 | 6 | 27,5 | 82 | 21 | 25 |
| РП-4 | 7 | 30 | 200 | 40 | 30 |
| РП-5 | 5 | 44 | 200 | 49,5 | 57 |
| РП-6 | 7 | 17 | 86 | 21,5 | 25 |
| РП-7 | 4 | 40 | 180 | 45 | 56 |
| ТР-1 | 1 | 69 | 69 | 6,9 | 12 |
| 14 | II | РП-1 | 6 | 35,5 | 165 | 70 | 35 |
| РП-2 | 5 | 75 | 320 | 160 | 47 |
| РП-3 | 4 | 55 | 130 | 35 | 40 |
| РП-4 | 6 | 10 | 40 | 12 | 12 |
| РП-5 | 6 | 40 | 175 | 85 | 30 |
| РП-6 | 4 | 40 | 80 | 40 | 12 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 15 | I | РП-1 | 4 | 10 | 32 | 5 | 8 |
| РП-2 | 6 | 7,5 | 40 | 24 | 41 |
| РП-3 | 4 | 22 | 88 | 22 | 35 |
| РП-4 | 6 | 15,5 | 93 | 13 | 22,5 |
| РП-5 | 3 | 7,5 | 18,5 | 3,7 | 7 |
| РП-6 | 5 | 7,5 | 31,5 | 8 | 12 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |
| ТР-3 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 16 | III | РП-1 | 8 | 75 | 195 | 78 | 70 |
| РП-2 | 5 | 75 | 265 | 53 | 58 |
| РП-3 | 7 | 35,5 | 185 | 37 | 44,5 |
| РП-4 | 11 | 15,5 | 150 | 60 | 36 |
| РП-5 | 8 | 5,5 | 46,5 | 14 | 12,6 |
| ТР-1 | 1 | 27 | 27 | 2,7 | 1,1 |
| ТР-2 | 1 | 71 | 71 | 7,1 | 3,6 |
| ТР-3 | 1 | 27 | 27 | 2,7 | 1,1 |
| 17 | II | РП-1 | 4 | 55 | 116 | 29 | 33 |
| РП-2 | 7 | 40 | 225 | 112,5 | 37 |
| РП-3 | 5 | 10 | 35 | 11,5 | 11,3 |
| РП-4 | 3 | 10 | 30 | 7,5 | 9 |
| РП-5 | 6 | 55 | 255 | 128 | 42 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| ТР-3 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |
| 18 | III | РП-1 | 5 | 40 | 145 | 36 | 22 |
| РП-2 | 5 | 40 | 155 | 39 | 25 |
| РП-3 | 5 | 40 | 175 | 44 | 31 |
| РП-4 | 5 | 35 | 125 | 32 | 20 |
| РП-5 | 4 | 27,5 | 80 | 20 | 16 |
| РП-6 | 5 | 15,5 | 80 | 20 | 14 |
| РП-7 | 8 | 40 | 280 | 70 | 49 |
| ТР-1 | 1 | 71 | 71 | 7,1 | 3,6 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 19 | II | РП-1 | 6 | 27,5 | 83 | 21 | 24 |
| РП-2 | 7 | 40 | 201 | 50,5 | 59 |
| РП-3 | 7 | 42,5 | 196 | 49 | 57 |
| РП-4 | 9 | 28 | 158 | 52 | 51 |
| РП-5 | 5 | 42 | 150 | 57 | 74 |
| РП-6 | 6 | 27,5 | 150 | 37,5 | 45 |
| ТР-1 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| ТР-2 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| ТР-3 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| 20 | II | РП-1 | 8 | 35,5 | 190 | 30 | 39,5 |
| РП-2 | 6 | 27,5 | 160 | 25,5 | 33 |
| РП-3 | 7 | 42,5 | 260 | 42 | 54 |
| РП-4 | 12 | 24,5 | 220 | 35 | 45,8 |
| РП-5 | 7 | 44 | 145 | 23 | 32 |
| РП-6 | 10 | 41,5 | 230 | 46 | 51 |
| ТР-1 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| ТР-2 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| 21 | III | РП-1 | 3 | 55 | 78 | 31 | 25 |
| РП-2 | 4 | 55 | 100 | 25 | 30 |
| РП-3 | 4 | 30 | 120 | 30 | 36 |
| РП-4 | 4 | 10 | 40 | 20 | 7 |
| РП-5 | 6 | 12 | 40 | 20 | 6 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| ТР-3 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 22 | I | РП-1 | 5 | 35,5 | 120 | 30 | 36 |
| РП-2 | 5 | 44 | 240 | 60 | 72 |
| РП-3 | 5 | 41,5 | 207,5 | 52 | 67 |
| РП-4 | 5 | 15,5 | 77,5 | 19,5 | 23 |
| РП-5 | 6 | 27,5 | 165 | 41 | 51 |
| РП-6 | 5 | 30 | 150 | 60 | 66 |
| РП-7 | 4 | 30 | 104 | 26 | 34 |
| РП-8 | 5 | 27,5 | 137,5 | 34 | 36 |
| ТР-1 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| 23 | I | РП-1 | 7 | 75 | 380 | 114 | 154 |
| РП-2 | 8 | 35,5 | 257,5 | 77 | 110 |
| РП-3 | 8 | 25 | 130 | 39 | 49 |
| РП-4 | 11 | 25 | 120 | 24 | 31 |
| РП-5 | 7 | 12,5 | 72,5 | 22 | 26 |
| РП-6 | 7 | 7,5 | 52,5 | 8 | 9,6 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 24 | III | РП-1 | 7 | 40 | 240 | 38 | 27 |
| РП-2 | 8 | 42,5 | 120 | 19 | 16 |
| РП-3 | 6 | 27,5 | 143 | 23 | 16,5 |
| РП-4 | 7 | 27,5 | 157,5 | 25 | 23 |
| РП-5 | 7 | 30 | 150 | 30 | 36 |
| РП-6 | 7 | 44 | 158 | 39,5 | 43,5 |
| ТР-1 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| ТР-2 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 25 | III | РП-1 | 4 | 27,5 | 57,5 | 14 | 17 |
| РП-2 | 4 | 40 | 160 | 128 | 42 |
| РП-3 | 5 | 27,5 | 100,5 | 24 | 29 |
| РП-4 | 7 | 75 | 355 | 284 | 94 |
| РП-5 | 5 | 55 | 185 | 37 | 48 |
| РП-6 | 5 | 30 | 110 | 88 | 31 |
| ТР-1 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-2 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 26 | II | РП-1 | 11 | 75 | 210 | 120 | 54 |
| РП-2 | 9 | 15,5 | 112 | 45 | 35 |
| РП-3 | 8 | 40 | 121 | 73 | 36 |
| РП-4 | 9 | 60 | 315,5 | 158 | 55 |
| РП-5 | 7 | 40 | 181 | 91 | 32 |
| РП-6 | 10 | 5,5 | 55 | 44 | 27 |
| ТР-1 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 27 | II | РП-1 | 8 | 25,5 | 164 | 41 | 49 |
| РП-2 | 5 | 14 | 63 | 16 | 20 |
| РП-3 | 4 | 30 | 80 | 20 | 24 |
| РП-4 | 5 | 26 | 98 | 24,5 | 29 |
| РП-5 | 8 | 44 | 170 | 51 | 56 |
| РП-6 | 8 | 35,5 | 146 | 36,5 | 44 |
| РП-7 | 5 | 42 | 164 | 41 | 48 |
| РП-8 | 6 | 40 | 180 | 45 | 52 |
| ТР-1 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |
| ТР-2 | 1 | 81 | 81 | 8,1 | 14 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория  электроприемников цеха  по надежности  электроснабжения | Наименование  узлов питания | Количество  электроприемников  п, шт | Номинальная мощность  электроприемников цеха  и узлов питания | | Средняя мощность  узлов питания  цеха | |
| максимальная  Рmax, кВт | общая  Рном.УП, кВт | активная  Рс.УП, кВт | реактивная  Qс.УП, квар |
| 28 | I | РП-1 | 9 | 38 | 152 | 114 | 46 |
| РП-2 | 4 | 11 | 44 | 8,8 | 11 |
| РП-3 | 6 | 12 | 50 | 32 | 22 |
| РП-4 | 5 | 30 | 150 | 30 | 36 |
| РП-5 | 7 | 55 | 140 | 35 | 39 |
| ТР-1 | 1 | 70 | 70 | 7 | 12 |
| ТР-2 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| ТР-3 | 1 | 55 | 55 | 5,5 | 9,5 |
| 29 | III | РП-1 | 6 | 18 | 69 | 35 | 58 |
| РП-2 | 10 | 13 | 86 | 22 | 37 |
| РП-3 | 6 | 75 | 190 | 48 | 52 |
| РП-4 | 5 | 75 | 172 | 28 | 30 |
| РП-5 | 5 | 27,5 | 137,5 | 34,5 | 58 |
| РП-6 | 6 | 55 | 195 | 58,5 | 67 |
| ТР-1 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| 30 | III | РП-1 | 4 | 27,5 | 57,5 | 14 | 17 |
| РП-2 | 4 | 40 | 160 | 128 | 42 |
| РП-3 | 8 | 40 | 121 | 73 | 36 |
| РП-4 | 9 | 60 | 315,5 | 158 | 55 |
| РП-5 | 8 | 44 | 170 | 51 | 56 |
| РП-6 | 8 | 35,5 | 146 | 36,5 | 44 |
| ТР-1 | 1 | 22 | 22 | 1,3 | 2,2 |
| ТР-2 | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,5 | 0,8 |

Таблица 32 – Расчет электрических нагрузок трансформаторной подстанции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя  мощность | | Эффективное число  ЭП  п э | Коэффициент  расчетной нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс, кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр, квар | полная  Sр, кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | кол-во  ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cosϕ ⁄tgϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого силовая  нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освещение  Руд= Вт/м2  Fцеха= м2 тип ламп |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого с  освещением |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 32

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя  мощность | | Эффективное число  ЭП  п э | Коэффициент  расчетной нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток  Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс, кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр, квар | полная  Sр, кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | кол-во  ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cosϕ ⁄ tgϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Компенсация  реактивной  мощности |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего по цеху |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

###### **Практическая работа № 12**

**Расчет электрических нагрузок цеха.**

**Выбор числа и мощности трансформаторов цеховой подстанции**

|  |  |
| --- | --- |
| *Цели работы:* | 1. научиться выполнять расчет электрических нагрузок цеха; 2. научиться выбирать число и мощность трансформаторов цеховой подстанции (с учетом требований нормативной литературы). |

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Если от шин трансформаторной подстанции питается силовая и осветительная нагрузка, то расчет осветительной нагрузки разрешается вносить в форму Ф636-90 отдельной строкой.

Нагрузка на шинах трансформаторной подстанции при подключении силовых электроприемников и осветительных установок определяется в порядке, представленном в практической работе №11.

В случае если передаваемое по электрическим сетям внутреннего электроснабжения количество реактивной мощности соответствует требованиям энергоснабжающей организации, то в системе электроснабжения не проводят мероприятия по естественной и искусственной компенсации реактивной мощности.

В случае если величина реактивной мощности не соответствует требованиям энергоснабжающей организации, то проводятся мероприятия по естественной или искусственной компенсации.

Если мероприятия по естественной компенсации реактивной мощности не дают желаемых результатов (требования энергоснабжающей организации не выполняются), то выполняется искусственная компенсация реактивной мощности.

Порядок расчета числа и мощности компенсирующих устройств подробно рассмотрен в практической работе №11.

Расчет электрических нагрузок цеха выполняется с учетом подключения к электрической сети:

а) силовой нагрузки;

б) осветительной нагрузки;

в) сторонних потребителей;

г) компенсирующих устройств.

*Порядок расчета электрических нагрузок цеха методом упорядоченных диаграмм:*

1. Определяются расчетные силовые нагрузки узлов питания цеха (строки «Итого по РП- », «Итого по МР- », «Итого по ТР- » в форме Ф636-90) используя порядок расчета, представленный в практической работе №5.
2. Рассчитывается общая силовая нагрузка по цеху (строка «Итого силовая нагрузка по цеху» таблицы 33), используя порядок расчета, представленный в практической работе №11.
3. Определяются электрические нагрузки осветительной сети цеха (строка «Освещение» таблицы 33), используя порядок расчета, представленный в практической работе №6.
4. Определяются расчетные нагрузки внутрицеховой сети (строка «Итого с освещением» таблицы 33), используя порядок расчета, представленный в практической работе №11.
5. Кроме силовых электроприемников и осветительных установок к сборным шинам цеховой трансформаторной подстанции (распределительного устройства) разрешается подключать сторонних потребителей.
6. Результаты расчета сторонних потребителей заносятся в строку «Сторонние потребители» таблицы 33.
7. Исходные данные для расчета электрических нагрузок сторонних потребителей заносятся в графы 2, 3, 5, 6 таблицы 33.
8. Определяется общая номинальная (установленная) мощность сторонних потребителей (графа 4) по формуле:

,

где  – количество сторонних потребителей, шт;

 – номинальная (установленная) мощность одного стороннего потребителя, кВт.

1. Определяется коэффициент реактивной мощности  (графа 6) по таблице Брадиса с учетом заданного значения коэффициента мощности  стороннего потребителя.
2. Определяется средняя активная мощность сторонних потребителей (графа 7) по формуле:

**,

где ** – коэффициент использования сторонних потребителей.

Таблица 33 – Расчет электрических нагрузок трансформаторной подстанции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя  мощность | | Эффективное число  ЭП  п э | Коэффициент  расчетной нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс, кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр, квар | полная  Sр, кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | кол-во  ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cosϕ ⁄tgϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого силовая  нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освещение  Руд= Вт/м2  Fцеха= м2 тип ламп |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого с  освещением |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 33

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | | | | | | Средняя  мощность | | Эффективное число  ЭП  п э | Коэффициент  расчетной нагрузки  кр | Расчетная мощность | | | Расчетный ток  Iр, А |
| по заданию технологов | | | | по справочным данным | | активная  Рс, кВт | реактивная  Qс, квар | активная  Рр, кВт | реактивная  Qр, квар | полная  Sр, кВА |
| наименование характерных  категорий ЭП,  подключаемых к узлу питания | кол-во  ЭП  п, шт. | номинальная  (установленная) мощность, кВт | | коэффициент  использования  ки | коэффициент  мощности  cosϕ ⁄ tgϕ |
| одного  ЭП  рнмин÷  рнмак | общая  Рн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Сторонние  потребители |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Итого  со сторонними потребителями |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Компенсация  реактивной  мощности |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего по цеху |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Определяется средняя реактивная мощность сторонних потребителей (графа 8) по формуле:
2. Определяется эффективное число электроприемников (графа 9) по формуле:

,

где  – номинальная мощность одного стороннего потребителя (из графы 3 строки «Сторонние потребители» таблицы 33), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . Результат заносится в графу 9 строки «Сторонние потребители» таблицы 33.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

1. По таблице 34 определяется коэффициент расчетной нагрузки  с учетом значения коэффициента использования сторонних потребителей  и эффективного числа электроприемников  и указывается в графе 9 строки «Сторонние потребители».

Таблица 34 – **Значение коэффициентов расчетной нагрузки кр для шин НН цеховых**

**трансформаторов напряжением до 1 кВ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п э | Коэффициент использования ки | | | | | | | |
| 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  и более |
| 1 | 6 | 5,33 | 4 | 2,67 | 2 | 1,6 | 1,33 | 1,14 |
| 2 | 5,01 | 3,44 | 2,69 | 1,9 | 1,52 | 1,24 | 1,11 | 1,0 |
| 3 | 2,94 | 2,17 | 1,8 | 1,42 | 1,23 | 1,14 | 1,08 | 1,0 |
| 4 | 2,28 | 1,73 | 1,46 | 1,19 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 0,97 |
| 5 | 1,31 | 1,12 | 1,02 | 1,0 | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,93 |
| 6÷8 | 1,2 | 1,0 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |
| 9÷10 | 1,1 | 0,97 | 0,91 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 10÷25 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| 25÷50 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,85 |
| более 50 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,7 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,8 |

1. Определяется расчетная активная мощность сторонних потребителей цеха (графа 11 строки «Сторонние потребители» таблицы 33) по формуле:

.

1. Определяется расчетная реактивная мощность сторонних потребителей цеха (графа 12 строки «Сторонние потребители» таблицы 33) по формуле:

.

1. Определяется полная расчетная мощность сторонних потребителей цеха (графа 13 строки «Сторонние потребители» таблицы 33) по формуле:



1. Определяется расчетный ток сторонних потребителей цеха (графа 14 строки «Сторонние потребители» таблицы 33) по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

1. Далее в строке «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33 определяется нагрузка на шинах цеховой трансформаторной подстанции с учетом силовой и осветительной нагрузки цеха и его сторонних потребителей.
2. Определяется количество электроприемников цеховой трансформаторной подстанции (графа 2 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



1. В графе 3 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников, питающихся от шин цеховой трансформаторной подстанции.
2. Определяется общая номинальная (установленная) мощность (графа 4 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



где Рном.цеха – номинальная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (принимается по практической работе №11).

1. Определяется средняя активная мощность (графа 7 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



где Рс.цеха – средняя активная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (принимается по практической работе №11).

1. Определяется средняя реактивная мощность (графа 8 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



где Qс.цеха – средняя активная мощность силовых электроприемников и осветительных установок (принимается по практической работе №11).

1. Определяется средневзвешенный коэффициент использования (графа 5 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



1. Определяется средневзвешенный коэффициент реактивной мощности  (графа 6 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:
2. Коэффициент мощности  определяется по таблице Брадиса с учетом значения коэффициента мощности  и указывается в графе 6 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33.
3. Определяется эффективное число электроприемников (графа 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:

,

где  – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника цеха или стороннего потребителя (из графы 3 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . Результат заносится в графу 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

1. Коэффициент расчетной нагрузки  определяется по таблице 34 с учетом значения средневзвешенного коэффициента использования  (п.24 данного расчета) и эффективного числа электроприемников  (п.27 данного расчета) и указывается в графе 9 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33.
2. Определяется расчетная активная мощность цеха (графа 11 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:

.

1. Определяется расчетная реактивная мощность цеха (графа 12 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:

.

1. Определяется полная расчетная мощность цеха (графа 13 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:



1. Определяется расчетный ток цеха с учетом сторонних потребителей (графа 14 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33) по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

1. По полученным результатам строки «Итого со сторонними потребителями» решается вопрос компенсации реактивной мощности в электрических сетях внутреннего электроснабжения. Критерии для оценки необходимости выполнения компенсации реактивной мощности рассмотрены в практической работе №11.
2. В случае соответствия результатов расчета реактивной мощности требованиям энергоснабжающей организации данные строки «Итого со сторонними потребителями» принимаются для выбора цеховых трансформаторов (распределительных устройств).
3. В случае необходимости выполнения искусственной компенсации реактивной мощности в таблице 33 после строки «Итого со сторонними потребителями» приводится строка «Компенсация реактивной мощности». Расчет выполняется в последовательности, представленной в практической работе №11.
4. Выбирается схема компенсации реактивной мощности.
5. Определяется вариант расчета минимальной мощности компенсирующего устройства:

*вариант 1:* устанавливается рекомендуемый коэффициент мощности на шинах ВН подстанции (по системе Челбэнерго допускается принимать tgφрек=0,36÷0,38).

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств определяется по формуле:

Qку ≈ (tg ϕфакт – tg ϕрек),

где – расчетная активная мощность цеха, кВт;

tg ϕфакт – фактический коэффициент мощности на шинах ВН до установки компенсирующих устройств;

tg ϕрек – рекомендуемый энергосистемой коэффициент мощности.

*вариант 2:* наибольшая реактивная мощность Qсист., которая может быть передана из энергосистемы в режиме ее наибольших активных нагрузок в сети предприятия.

В этом случае минимальная мощность компенсирующих устройств определяется по формуле:

Qку = Qр – Qсист.,

где Qр – расчетная реактивная мощность предприятия, квар;

Qсист. – наибольшая реактивная мощность, передаваемая из энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок в сети предприятия, квар.

1. Номинальное напряжение компенсирующих устройств определяется по условию:

где – номинальное напряжение конденсаторной установки, кВ;

- номинальное напряжение электрической сети внутреннего электроснабжения, кВ.

1. Стандартная мощность одного компенсирующего устройства подключаемого на шину цеховой трансформаторной подстанции (распределительного устройства) определяется по формуле:

где – количество сборных шин распределительного устройства, шт.

1. Определяется климатическое исполнение компенсирующих устройств.
2. Определяется степень защиты установки от воздействий окружающей среды.
3. По таблицам технических характеристик или каталогам определяется тип компенсирующих устройств.
4. Согласно выбранной схемы подключения компенсирующих устройств определяется общее количество компенсирующих устройств в схеме.
5. Общая стандартная мощность компенсирующих устройств, подключаемых к шинам трансформаторной подстанции ( распределительного устройства), определяется по формуле:
6. Стандартное значение соответствующее условию проверки указывается в форме Ф636-90 в строке «Компенсация реактивной мощности» графах 8 и 12 со знаком минус.
7. Электрические нагрузки цеха с учетом компенсации реактивной мощности рассчитываются в строке «Всего по цеху» графы 2÷14 таблицы 33.
8. Общее количество электроприемников цеха  (графа 2 строки «Всего по цеху» таблицы 25) принимается равным количеству электроприемников графы 2 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33.
9. В графе 3 строки «Всего по цеху» таблицы 33 указываются минимальная и максимальная мощности электроприемников (силовых электроприемников и сторонних потребителей), питающихся от шин цеховой трансформаторной подстанции (распределительного устройства).
10. Общая номинальная (установленная) мощность в графе 4 строки «Всего по цеху» таблицы 33 принимается равной общей номинальной (установленной) мощности графы 4 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33 (п.21 данного расчета).
11. Средняя активная мощность в графе 7 строки «Всего по цеху» таблицы 33 принимается равной средней активной мощности  графы 7 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33 (п.22 данного расчета).
12. Средневзвешенный коэффициент использования оборудования по всему цеху  (графа 5 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:



1. Средняя реактивная мощность, передаваемая по сети внутреннего электроснабжения после подключения компенсирующего устройства, (графа 8 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:

где – средняя реактивная мощность (графа 8 строки «Итого со сторонними потребителями» таблицы 33, п.23 данного расчета), квар.

1. С целью проверки правильности выбора мощности компенсирующих устройств рассчитывается коэффициент мощности tg ϕфакт.ку по формуле
2. При правильном выборе компенсирующих устройств выполняется условие:
3. Коэффициент мощности  (графа 6 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по таблице Брадиса с учетом значения коэффициента мощности .
4. Эффективное число электроприемников по цеху определяется по формуле:



где  – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника цеха или стороннего потребителя (из графы 3 строки «Всего по цеху» таблицы 33), кВт.

Если найденное по этой формуле число  окажется больше , то следует принимать . Результат заносится в графу 9 строки «Всего по цеху» таблицы 33.

**Внимание!** В таблицу расчета электрических нагрузок может быть записано только целое число .

1. Коэффициент расчетной нагрузки  (графа 10 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по таблице 34 с учетом значения средневзвешенного коэффициента использования  (п.51 данного расчета) и эффективного числа электроприемников  (п.56 данного расчета).
2. Расчетная активная мощность цеха с учетом сторонних потребителей  (графа 11 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:

.

1. Расчетная реактивная мощность цеха с учетом сторонних потребителей  (графа 12 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:

.

1. Полная расчетная мощность цеха  (графа 13 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:



1. Расчетный ток цеха  (графа 11 строки «Всего по цеху» таблицы 33) определяется по формуле:

,

где  – номинальное напряжение на шинах трансформаторной подстанции, кВ.

1. Для выбора числа трансформаторов на цеховой подстанции по исходным данным практической работы определяется категория электроприемников цеха по надежности электроснабжения.

Наиболее просты и дешевы однотрансформаторные подстанции. При наличии складского резерва или связей на вторичном напряжении эти подстанции обеспечивают надежное электроснабжение потребителей II и III категорий.

Если основную часть нагрузки составляют потребители I и II категорий, то применяют двухтрансформаторные подстанции.

Трехтрансформаторные подстанции устанавливают при большой сосредоточенности нагрузки или при раздельном питании силовой и осветительной нагрузки.

В цехах предприятий обычно устанавливаются комплектные трансформаторные подстанции (КТП).Комплектные трансформаторные подстанции внутренней установки напряжением до 10 кВ комплектуются силовыми трансформаторами типа ТМЗ, ТМФ, ТНЗ и ТСЗ.

1. *Номинальная мощность силовых трансформаторов* 160, 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВА. При установке КТП в отдельных помещениях рекомендуются следующие мощности трансформаторов:

* при плотности нагрузки до 0,15 кВА/м2 – трансформаторы 1000 и 1600 кВА;
* при плотности нагрузки 0,15-0,35 кВА/м2 – трансформаторы 1000 кВА;
* при плотности нагрузки свыше 0,35 кВА/м2 – трансформаторы 2500 кВА (допускаются трансформаторы мощностью 1600 кВА).

При удельной плотности и суммарной нагрузке ниже указанных значений наиболее экономичны трансформаторы мощностью 400, 630 и 1000 кВА.

На двухтрансформаторных подстанциях следует стремиться применять однотипные трансформаторы одинаковой мощности для упрощения замены в случае выхода одного трансформатора из строя, а также для сокращения номенклатуры складского резерва.

*Для включения трансформаторов на параллельную работу* необходимо обеспечить соблюдение следующих условий:

1. тождественность схем и групп соединения обмоток;
2. равенство коэффициентов трансформации;
3. равенство напряжений КЗ.
4. При проектировании подстанций, для которых график нагрузки неизвестен, мощность трансформаторов принимается по расчетной нагрузке с учетом рекомендуемых коэффициентов загрузки трансформаторов по таблице 35.

Таблица 35 – Рекомендуемые коэффициенты загрузки трансформаторов на подстанциях

|  |  |
| --- | --- |
| Характер нагрузки и вид трансформаторной подстанции | Коэффициенты загрузки  трансформаторов Кз |
| При преобладании нагрузок I категории на двухтрансформаторных трансформаторных подстанциях | 0,65 – 0,7 |
| При преобладании нагрузки II категории на однотрансформаторных подстанциях и взаимном резервировании трансформаторов по связям вторичного напряжения | 0,70 – 0,80 |
| При преобладании нагрузок II категории и при наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузке III категории | 0,90 –0,95 |

1. Фактический коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме определяется по формуле:

,

где  - количество трансформаторов на цеховой подстанции (принятое согласно рекомендаций п.62 данного расчета), шт;

 - номинальная мощность одного трансформатора подстанции (принятая согласно рекомендаций п.63 данного расчета), кВА.

1. Рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме  определяется с учетом системы охлаждения силового трансформатора).

Для сухих трансформаторов общего назначения (в том числе с литой изоляцией), предназначенных для комплектных трансформаторных подстанций, допускается аварийная перегрузка на 30% сверх номинального тока не более чем на 3 часа в сутки, если длительная предварительная нагрузка составляет не более 70% номинального тока трансформатора.

Для масляных трансформаторов с постоянной системой охлаждения допускается аварийная перегрузка на 40% сверх номинального тока в течение 6 суток по 5 часов каждые сутки, если предварительно он был загружен не более чем на 80% номинального тока трансформатора.

С учетом указанных допустимых перегрузок коэффициент загрузки в аварийном режиме должен быть:

* для сухих трансформаторов - 
* для масляных трансформаторов - 

1. Фактический коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме определяется по формуле:



1. По результатам выполненных расчетов необходимо сделать вывод о выбранном количестве трансформаторов и их номинальной мощности.

#### *Ход работы*

1. Определить основные характеристики узлов питания силовых электроприемников по практической работе № 11, освещения цеха по практической работе №6, сторонних потребителей по таблице 36 данной практической работы.
2. Определить тип, количество и мощность компенсирующего устройства. Общую мощность компенсирующего устройства представить в таблице 33.
3. Рассчитать электрические нагрузки цеха с учетом электрической нагрузки силовых электроприемников, осветительных установок, сторонних потребителей и компенсации реактивной мощности (если она выполняется согласно требованиям энергоснабжающей организации). Результаты расчета представить отдельной строкой «Всего по цеху» в таблице 33.
4. Определить число и мощность трансформаторов цеховой трансформаторной подстанции
5. По результатам выбора числа и мощности трансформаторов указать количество выбранных трансформаторов, их стандартную маркировку, фактические коэффициенты загрузки в нормальном и аварийном режиме, а также в случае необходимости решить вопрос об ограничении питания электроприемников в аварийном режиме.
6. Сдать практическую работу в установленные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

Таблица 36 –Исходные данные для расчета нагрузок сторонних потребителей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Количество  потребителей | Средняя активная  мощность одного  стороннего потребителя  Рстор, кВт | Коэффициент  мощности cosϕ |
| 1 | 4 | 20 | 0,6 |
| 2 | 4 | 35 | 0,8 |
| 3 | 4 | 45 | 0,6 |
| 4 | 7 | 28 | 0,8 |
| 5 | 7 | 21 | 0,6 |
| 6 | 4 | 38 | 0,73 |
| 7 | 4 | 33 | 0,75 |
| 8 | 8 | 18 | 0,75 |
| 9 | 5 | 16 | 0,7 |
| 10 | 5 | 48 | 0,75 |
| 11 | 9 | 18 | 0,7 |
| 12 | 5 | 22 | 0,7 |
| 13 | 8 | 32 | 0,66 |
| 14 | 8 | 25 | 0,85 |
| 15 | 6 | 40 | 0,6 |
| 16 | 4 | 40 | 0,6 |
| 17 | 5 | 35 | 0,6 |
| 18 | 2 | 33 | 0,7 |
| 19 | 3 | 35 | 0,6 |
| 20 | 6 | 38 | 0,5 |
| 21 | 4 | 38 | 0,5 |
| 22 | 3 | 100 | 0,7 |
| 23 | 5 | 22 | 0,7 |
| 24 | 4 | 26 | 0,65 |
| 25 | 4 | 45 | 0,7 |

Продолжение таблицы 36

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Количество  потребителей | Средняя активная  мощность одного  стороннего потребителя  Рстор, кВт | Коэффициент  мощности cosϕ |
| 26 | 4 | 20 | 0,7 |
| 27 | 5 | 24 | 0,57 |
| 28 | 6 | 20 | 0,63 |
| 29 | 5 | 15,5 | 0,77 |
| 30 | 3 | 32 | 0,76 |

###### **Практическая работа № 13**

**Расчет заземляющего устройства подстанции 6-10/0,4 кВ**

|  |  |
| --- | --- |
| *Цель работы:* | 1. научиться выполнять расчет заземляющего устройства трансформаторной подстанции 6-10/0,4 кВ (используя нормативную и справочную литературу) |

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых и графических документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Многие части электроустановок, не находящиеся под напряжением (корпуса электрических машин, осветительная арматура, металлические конструкции подстанций, металлические оболочки кабелей и кабельные муфты и т.п.) могут во время аварии оказаться под напряжением, что вызывает опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала при прикосновении к ним. Обеспечить безопасность прикосновения к таким частям должно защитное заземление.

В основу классификации электроустановок по мерам электробезопасности положено номинальное напряжение электроустановки (до 1 кВ и выше 1 кВ) и режим ее нейтрали (таблица 37).

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении: защитное заземление; автоматическое отключение питания; уравнивание потенциалов; выравнивание потенциалов; двойная или усиленная изоляция; сверхнизкое (малое) напряжение; защитное электрическое разделение цепей; изолирующие(непроводящие) помещения, зоны, площадки.

***Заземление*** – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, элект- роустановки или оборудования с заземляющим устройством.

В электроустановках различают следующие виды заземления:

***защитное заземление*** – заземление, выполняемое в целях электробезопасности;

***рабочее заземление*** – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

Заземление снижает потенциал по отношению к земле металлических частей электроустановки, оказавшихся под напряжением при аварии, до безопасного значения.

Защитные действия заземления состоят в уменьшении тока, возникающего в теле человека при соприкосновении с корпусом электроустановки, оказавшейся под напряжением.

Таблица 37 – Классификация электроустановок по мерам электробезопасности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номинальное  напряжение  электроустановки, кВ | Режим нейтрали | Классификация  электроустановок |
| До 1 кВ | Заземленная нейтраль | Электроустановка до 1 кВ  с заземленной нейтралью |
| Изолированная нейтраль | Электроустановка до 1 кВ  с изолированной нейтралью |
| Выше 1 кВ | Эффективно заземленная  нейтраль | Электроустановка выше 1кВ  в сетях с эффективно  заземленной нейтралью |
| Изолированная нейтраль | Электроустановка выше 1 кВ  в сетях с изолированной  нейтралью |

Для электроустановок напряжением до 1кВ приняты системы заземления, приведенные в таблице 38.

Общие требования и условия применения заземления приведены в таблице 39.

Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители.

Для заземляющих устройств следует по возможности использовать естественные заземлители: водопроводные и другие металлические трубы, проложенные в земле без изоляции (кроме трубопроводов с горючими веществами), имеющие металлические конструкции зданий и сооружений, а также имеющие соединения с землей, шпунты, свинцовые оболочки проложенных в земле кабелей и т.п.

В таблице 40 приведены части, подлежащие заземлению, и основные требования к устройству заземления.

Виды электроустановок, подлежащих заземлению согласно требований ПУЭ, приведены в таблице 41.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью и до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление должно быть не менее сопротивления установленного для сети напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью (таблица 42).

Таблица 38 – **Характеристика систем заземления электроустановок до 1кВ**

|  |  |
| --- | --- |
| Обозначение системы | Конструктивное выполнение сети заземления |
| **TN** | система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников; |
| **TN-C** | система TN, в которой нулевой защитный (РЕ-проводник) и нулевой рабочий (N-проводник) проводники совмещены в одном PEN-проводнике на всем ее протяжении; |
| **TN-S** | система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении; |
| **TN-C-S** | система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания; |
| **IT** | система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены; |
| **TT** | система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника. |

Таблица 39 – **Общие требования и условия применения заземления**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Защитная мера | Общие требования | Условия применения |
| Заземление | 1. Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве, то искусственные заземлители должны применяться лишь при необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающих с них. 2. Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, рекомендуется применять одно общее заземляющее устройство.   Для объединения заземляющих устройств различных электроустановок в одно общее заземляющее устройство следует использовать все имеющиеся в наличии естественных, в том числе протяженные, заземляющие проводники.   1. Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, режима работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. | 1. Нормируемые значения сопротивления заземляющих устройств и напряжения прикосновения должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.   Удельное сопротивление земли следует определять, принимая в качестве расчетного значение, соответствующее тому сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства или напряжение прикосновения принимает наибольшие значения.   1. В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление.   В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение (по всей электрически связанной сети) в тех случаях, в –которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяных разработок и т.п.).   1. Электроустановки до 1 кВ переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также электроустановки постоянного тока с изолированной средней точкой следует применять при повышенных требованиях безопасности (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт). Для таких электроустановок должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение. |

Продолжение таблицы 39

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Защитная мера | Общие требования | Условия применения |
| Заземление |  | 1. Трехфазная сеть до 1 кВ с изолированной нейтралью или однофазная сеть до 1 кВ с изолированным выводом, связанная через трансформатор с сетью выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора, при этом должен быть предусмотрен контроль за целостностью пробивного предохранителя. |

Таблица 40 – **Части, подлежащие занулению или заземлению**

|  |  |
| --- | --- |
| Части, подлежащие  занулению или заземлению | Требования  к заземлению или занулению |
| 1. Строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые пути и т.п. | В целях уравнивания потенциалов в тех помещениях и наружных установках, в которых применяется заземление или зануление, выполняется присоединение к сети заземления или зануления, при этом естественные контакты в сочленениях являются достаточными. |
| 1. Корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов и т.п. | - |
| 1. Приводы электрических аппаратов | - |
| 1. Вторичные обмотки измерительных трансформаторов | - |
| 1. Каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов | Съемные или открывающиеся части, если на них установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока |
| 1. Металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода | Кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней |
| 1. Другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование | - |
| 1. Металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В переменного тока, проложенных в общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках, вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению | - |
| 1. Металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников | - |
| 1. Электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов | - |

Таблица 41 – Электроустановки, подлежащие заземлению или занулению

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Электроустановка | Номинальное напряжение, В | |
| переменный ток | постоянный ток |
| Наружные электроустановки | Выше 42 | Выше 110 |
| Электроустановки в помещениях  - особо опасных и  - с повышенной опасностью | Выше 42 | Выше 110 |
| Все прочие электроустановки | 380 и выше | 440 и выше |

Таблица 42 – Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформатора или выводы источника однофазного тока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Линейное напряжение источника тока, В | | Сопротивление  заземляющего  устройства  R, Ом | Удельное  сопротивление  земли  ρ, Ом⋅м |
| трехфазного | однофазного |
| 660 | 380 | 2 | ρ≤100 |
| 380 | 220 | 4 | ρ≤100 |
| 220 | 127 | 8 | ρ≤100 |
| 660 | 380 | 0,02ρ | 100≤ρ≤1000 |
| 380 | 220 | 0,04ρ | 100≤ρ≤1000 |
| 220 | 127 | 0,08ρ | 100≤ρ≤1000 |
| 660 | 380 | 20 | ρ≥1000 |
| 380 | 220 | 40 | ρ≥1000 |
| 220 | 127 | 80 | ρ≥1000 |

Для подстанций напряжением 6 – 10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

1. нейтраль трансформатора на стороне напряжения до 1 кВ;
2. корпус трансформатора;
3. металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше;
4. открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;
5. сторонние проводящие части.

Вокруг площади занимаемой подстанцией, на глубине 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования, должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству.

При выборе сечения заземлителей необходимо учитывать коррозионную активность грунта по отношению к стали (таблица 43).

Активность грунта по отношению к стали в зависимости от одного из параметров – удельного сопротивления грунта, влияющего на скорость коррозии металла в грунте, приведена в таблице 44.

Таблица 43 – Сечение заземлителей в зависимости от агрессивности грунтов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид заземляющего устройства | Коррозионная  активность  по отношению к стали | Рекомендуемые  размеры  заземлителей | Допустимые  к применению  заземлители |
| Со стальными вертикальными заземлителями | Весьма высокая | Сталь круглая ø16 мм\* | - |
| Высокая | Сталь круглая ø16 мм\* | - |
| Повышенная, средняя | Для мягких грунтов  сталь круглая ø12 мм | Сталь угловая  63×63×6 мм |
| Низкая | Для грунтов средней твердости  сталь круглая ø16 мм | Для мягких грунтов  сталь угловая 50×50×5 мм |
| Стальные горизонтальные заземлители | Весьма высокая,  высокая | Сталь круглая ø16 мм | Стальная полоса  20×10, 30×10, 40×10 мм |
| Сталь круглая ø14 мм | Стальная полоса  20×8, 30×8, 40×8 мм |
| Повышенная, средняя | Сталь круглая ø12 мм | Стальная полоса  20×6, 30×6, 40×6 мм |
| Низкая | Сталь круглая ø10 мм | Стальная полоса  20×4, 30×4, 40×4 мм |

\*- заземлители других форм недопустимы по условиям коррозии.

Таблица 44 – Коррозионная активность грунтов

|  |  |
| --- | --- |
| Коррозионная активность грунтов | Удельное сопротивление грунта, Ом⋅м |
| Весьма высокая | До 5 |
| Высокая | 5 – 10 |
| Повышенная | 10 – 20 |
| Средняя | 20 – 100 |
| Низкая | Более 100 |

Контур заземления здания состоит из внешнего и внутреннего заземления.

Внутренний контур заземления выполняется на каждом этаже здания стальным проводником.

Рекомендуемые и допустимые размеры проводников указаны в таблице 45.

Общие требования к конструктивному выполнению заземляющих устройств изложены в таблицах 46, 47 и 48.

***Порядок расчета заземляющего устройства*:**

1. В соответствии с ПУЭ устанавливают допустимое сопротивление заземляющего устройства.

При использовании заземляющего устройства одновременно в электроустановке напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью и в электроустановке напряжением до 1 кВ сети с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более указанного в таблице 42.

1. Предварительно с учетом отведенной территории намечают расположение заземлителей – в ряд, по контуру и т.п.
2. Удельное сопротивление грунта ρ принимается по данным замеров, а при отсутствии таких данных – по таблицам 49, 50 и 51.
3. Удельное сопротивление промерзшего грунта получается умножением удельного сопротивления грунта, измеренного в нормальных условиях (150С и 10 – 20 % влажности), на поправочные коэффициенты, приведенные в таблице 50.
4. Сопротивление одного вертикального электрода Rз определяется по формулам, приведенным в таблице 52.
5. Определяется суммарное сопротивление части заземлителя, состоящей из вертикальных электродов (труб или уголков), электрически связанных между собой, без учета сопротивления соединяющей их полосы

,

где n – число вертикальных электродов;

ηв – коэффициент, учитывающий экранирование электродов соседними (принимается по таблице 53).

1. Определяется сопротивление растеканию горизонтально проложенной полосы, связывающей вертикальные электроды между собой, по таблице 52.
2. Экранирование горизонтально проложенной полосы другими электродами учитывается коэффициентом ηг (таблицы 54 и 55).
3. Определяется сопротивление растеканию полосы с учетом экранирования

.

1. Определяется полное сопротивление растеканию заземлителя

.

1. На основе расчета уточняется конфигурация заземляющего устройства.

**Пример:** Рассчитать заземление подстанции с двумя трансформаторами 6 / 0,4 кВ мощностью 1000 кВА со следующими данными:

* наибольший ток через заземление при замыкании на землю со стороны 6 кВ – 25 А;
* грунт в месте сооружения – суглинок;
* климатическая зона – 2;
* дополнительно в качестве заземления используется водопровод с сопротивлением растеканию – 7 Ом.

Таблица 45 – Заземляющие защитные проводники, рекомендуемые для производственных помещений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид  заземляющего  защитного проводника | Характеристика  среды | Рекомендуемые  стальные проводники | Допустимые  к применению стальные  проводники |
| Магистрали заземления | Нормальная или влажная | Стальная полоса 40×3, 30×4 мм | Стальная полоса 40×4 мм,  сталь круглая ø14 мм |
| Сырая или химически активная\* | Сталь круглая ø14 мм | Стальная полоса 30×4, 30×5, 40×4 мм |
| Ответвления от магистралей | Нормальная или влажная | Стальная полоса 20×3, 25×3 мм | Сталь круглая ø5 – 10 мм |
| Сырая или химически активная\* | Сталь круглая ø6 – 10 мм | Стальная полоса 20×4, 25×4 мм |

\* - рекомендуются соответствующие среде защитные покрытия.

Таблица 46 – Требования к конструктивному выполнению заземляющего контура

|  |  |
| --- | --- |
| Принцип нормирования  заземляющего устройства | Требования к конструктивному выполнению |
| Соблюдение требований  к сопротивлению или  напряжению прикосновения | 1. Заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле прокладывать на глубине не менее 0,3 м. 2. Вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (проводники) (в четырех направлениях). 3. При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами. 4. Продольные горизонтальные заземлители (проводники) должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5 – 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии   0,8 – 1 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного горизонтального заземлителя (проводника) для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены одна к другой, а расстояние между фундаментами или основаниями двух рядов не превышает 3м.   1. Поперечные горизонтальные заземлители (проводники) следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5 – 0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния начиная с периферии, не должны превышать соответственно 4; 5; 6; 7,5; 9; 11; 13,5; 16 и 20 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающие к местам присоединения нейтралей трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6×6 м. |

Продолжение таблицы 46

|  |  |
| --- | --- |
| Принцип нормирования  заземляющего устройства | Требования к конструктивному выполнению |
| Соблюдение требований  к сопротивлению  заземляющего устройства | Горизонтальные заземлители (проводники) следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.   1. Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей у внешнего горизонтального заземлителя напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3 – 5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда. |
| Соблюдение требований к напряжению прикосновения | Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляющего оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. У рабочих мест допускается прокладка заземлителей на меньшей глубине, если необходимость этого подтверждается расчетом, а само выполнение не снижает удобства обслуживания электроустановки и срока службы заземлителей. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в обоснованных случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1 – 0,2 м |

Таблица 47 – Соединения и присоединения заземляющих проводников

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Соединяемые проводники | Способы соединения | Дополнительные требования  к качеству соединения |
| Заземляющие проводники | Сварка | 1. Соединения и присоединения заземляющих проводников должны быть доступны для осмотра. 2. Места и способы соединения заземляющих проводников с протяженными естественными заземлителями (например, с трубопроводами) должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении заземлителей для ремонтных работ было обеспечено расчетное значение сопротивления заземляющего устройства. Водомеры, задвижки должны иметь обходные проводники, обеспечивающие непрерывность цепи заземления. 3. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению, должна быть присоединена к сети заземления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник заземляемых частей электроустановки не допускается. |
| Заземляющие проводники в помещениях и в наружных установках  без агрессивных сред | Допускается выполнять соединения заземляющих проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434-82 ко 2-му классу соединений, при этом должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии заземляющих проводников электроустановок и ВЛ допускается выполнять теми же методами, что и фазных проводников. |
| Стальные трубы электропроводок, короба, лотки и другие конструкции. Используемые в качестве заземляющих проводников | Должны иметь соединения, соответствующие требованиям ГОСТ 10434-82, предъявляемым ко 2-му классу соединений. Должен быть обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами электрооборудования, в которые вводятся трубы, и с соединительными (ответвительными) металлическими коробками. |
| Присоединение заземляющих проводников к частям оборудования, подлежащим заземлению | Должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением. Для болтового соединения должны быть предусмотрены меры после ослабления и коррозии контактного соединения. |
| Заземление оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях, подверженных сотрясениям или вибрации | Должно выполняться гибкими заземляющими проводниками |

Таблица 48 – Способы присоединения проводников к силовому электрооборудованию

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оборудование | Заземляющие элементы | Способ присоединения к заземляющей сети |
| Пусковой аппарат (магнитный пускатель, ящик с автоматическим выключателем и т.д.), аппарат управления (кнопочный пост, конечный выключатель, реостат, контроллер и т.д.), щитки, распределительные шкафы | Корпус аппарата, ящика, щитка, шкафа | Заземляющий проводник присоединяется к заземляющему или крепящему болту корпуса аппарата, ящика или щитка; при установке на металлоконструкции заземляющий проводник приваривается к конструкции. Если заземление через трубы электропроводки, то оно выполняется:  а) присоединением перемычки от флажка или болта, приваренного к трубе, к заземляющему болту на корпусе аппарата, щитка, ящика;  б) установкой на трубе двух царапающих гаек или одной царапающей гайки и контргайки с зажимом стального листа корпуса аппарата между гайками. |
| Электрооборудование, установленное на станках и прочих механизмах | Корпус станка или механизма, имеющего металлическую связь с корпусом электродвигателя или другого оборудования | Заземляющий проводник, идущий от магистрали заземления или от стальной трубы электропроводки (если трубы используются в качестве заземляющих проводников), присоединяется к заземляющему болту на станке (механизме). Электрооборудование, установленное на движущейся части станка, заземляется при помощи отдельной жилы в гибком кабеле, питающем движущуюся часть. |
| Электрооборудование мостового крана | Подкрановые рельсы | Ответвления от заземляющего устройства привариваются в двух местах к подкрановым рельсам. Все стыки рельсов должны быть надежно соединены сваркой, на разъемных стыках должны быть приварены гибкие перемычки. |

Таблица 49 – Приближенные значения удельных сопротивлений грунтов и воды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид грунта | Удельное сопротивление грунта ρ, Ом⋅м | |
| Возможные пределы | Значения,  рекомендуемые для предварительных расчетов |
| Песок | 400 – 1000 и более | 700 |
| Супесок | 150 – 400 и более | 300 |
| Суглинок | 40 – 150 и более | 100 |
| Глина | 8 – 70 и более | 40 |
| Садовая земля | 40 | 40 |
| Чернозем | 10 – 50 и более | 20 |
| Торф | 10 | 20 |
| Речная вода (реки на равнинах) | 10 – 80 | 50 |
| Морская вода | 0,2 | 0,2 |

Таблица 50 – Характеристики климатических районов и приближенные значения поправочных коэффициентов к величине ρ

(для нормальной влажности земли)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика районов и  виды применяемых заземлителей | Районы | | | |
| I | II | III | IY |
| Характеристика районов | | | | |
| Средняя многолетняя низшая температура (январь), 0С | - 20 ÷ - 15 | - 14 ÷ - 10 | - 10 ÷ - 0 | 0 ÷ + 5 |
| Средняя многолетняя высшая температура (июль), 0С | 15 – 18 | 18 – 22 | 22 – 24 | 24 – 26 |
| Продолжительность промерзания вод, дней | 190 – 170 | ~ 150 | ~ 100 | 0 |
| Виды заземлителей и поправочные коэффициенты к величине ρ | | | | |
| Стержневые заземлители (угловая сталь, трубы) длиной  2 – 3 м при глубине заложения их вершины 0,5 – 0,8 м | 1,8 – 2 | 1,5 – 1,8 | 1,4 – 1,6 | 1,2 – 1,4 |
| Протяженные заземлители (полоса, круглая сталь) длиной 10 м при глубине заложения 0,8 м | 4,5 – 7 | 3,5 – 4,5 | 2 – 2,5 | 1,5 - 2 |

Таблица 51 – Приближенные значения сопротивлений растеканию естественных заземлителей R при ρ=100 Ом⋅м

|  |  |
| --- | --- |
| Тип заземлителя | Сопротивление растеканию естественных заземлителей R, Ом |
| Свинцовая оболочка кабеля, глубина заложения 0,7 м в летнее время | 1,5 – 2 |
| Водогазопроводные трубы в земле без изоляции (большие значения относятся к коротким участкам до 200 м) | 0,25 – 0,5 |
| Буровые трубы артезианских колодцев | 1 – 2 |
| Обсадные трубы артезианских колодцев | 0,2 |

Таблица 52 – Сопротивление растеканию одиночных электродов заземлителей Rз, Ом

|  |  |
| --- | --- |
| Вид заземлителя | Расчетная формула |
| Вертикальный электрод из круглой арматурной стали или трубы. Верхний конец ниже уровня земли. |  |
| Вертикальный электрод из угловой стали. Верхний конец ниже уровня земли. |  |
| Вертикальный электрод из круглой арматурной стали или трубы. Верхний конец над уровнем земли. |  |
| Горизонтальный электрод из полосовой стали |  |
| Горизонтальный электрод из круглой арматурной стали или трубы |  |
| Вертикальный электрод из круглой арматурной или угловой стали. |  |
| Горизонтальный электрод из круглой арматурной или полосовой стали. |  |

Примечание: ρ – удельное сопротивление грунта, Ом⋅м;

 – длина электрода, м;

d – внешний диаметр электрода, м;

t – глубина заложения, м (для вертикального электрода, верхний конец которого ниже уровня земли, расстояние от поверхности земли до середины электрода);

b – ширина полосового электрода (для угловой стали – ширина стороны),м.

Таблица 53 – Коэффициент использования вертикальных электродов из угловой стали или труб (без учета влияния полосы связи)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число  электродов | Отношение расстояния между электродами к длине электрода | | |
| 1 | 2 | 3 |
| Трубы размещены в ряд | | | |
| 2 | 0,84 – 0,87 | 0,90 – 0,92 | 0,93 – 0,95 |
| 3 | 0,76 – 0,80 | 0,85 – 0,88 | 0,90 – 0,92 |
| 5 | 0,67 – 0,72 | 0,79 – 0,83 | 0,85 – 0,88 |
| 10 | 0,56 – 0,62 | 0,72 – 0,77 | 0,79 – 0,83 |
| 15 | 0,51 – 0,56 | 0,66 – 0,73 | 0,76 – 0,80 |
| 20 | 0,47 – 0,5 | 0,65 – 0,70 | 0,74 – 0,79 |
| Трубы размещены по контуру | | | |
| 4 | 0,66 – 0,72 | 0,76 – 0,80 | 0,84 – 0,86 |
| 6 | 0,58 – 0,65 | 0,72 – 0,75 | 0,78 – 0,82 |
| 10 | 0,52 – 0,58 | 0,66 – 0,71 | 0,74 – 0,78 |
| 20 | 0,44 – 0,50 | 0,61 – 0,66 | 0,68 – 0,73 |
| 40 | 0,38 – 0,44 | 0,55 – 0,61 | 0,64 – 0,69 |
| 60 | 0,36 – 0,42 | 0,52 – 0,58 | 0,62 – 0,67 |
| 100 | 0,33 – 0,39 | 0,49 – 0,55 | 0,59 – 0,65 |

Таблица 54 – Коэффициенты использования соединительной полосы в ряду электродов из угловой стали или труб

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отношение  расстояния  между  электродами  к длине электрода | Число электродов в ряду | | | | | | | |
| 4 | 5 | 6 | 10 | 20 | 30 | 50 | 65 |
| 1 | 0,77 | 0,74 | 0,67 | 0,62 | 0,42 | 0,31 | 0,21 | 0,2 |
| 2 | 0,89 | 0,86 | 0,79 | 0,75 | 0,56 | 0,46 | 0,36 | 0,34 |
| 3 | 0,92 | 0,90 | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,58 | 0,49 | 0,47 |

Таблица 55 – Коэффициенты использования соединительной полосы в контуре электродов из угловой стали или труб

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отношение  расстояния  между  электродами  к длине электрода | Число электродов в контуре | | | | | | | | |
| 4 | 5 | 6 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 |
| 1 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | 0,20 | 0,19 |
| 2 | 0,55 | 0,48 | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,24 |
| 3 | 0,70 | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,37 | 0,35 | 0,33 |

**Решение:**

Предполагается сооружение заземлителя с внешней стороны здания, к которой примыкает подстанция, с расположением вертикальных электродов в один ряд по длине 16 м; материал – круглая сталь диаметром 25 мм, метод погружения – ввертыванием; верхние концы вертикальных стержней, погруженные на глубину 0,7 м, приварены к горизонтальному электроду из той же стали.

1. Для стороны 6 кВ требуется сопротивление заземления, определяемое формулой

**,**

где Uрас – расчетное напряжение на заземляющем устройстве по отношению к земле, В;

Iрас – расчетный ток замыкания на землю, А.

Так как заземляющее устройство выполняют общим для сторон 6 и 0,4 кВ, то принимается расчетное напряжение на заземляющем устройстве равным 125 В.

 Ом

Согласно ПУЭ сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом, поэтому в качестве расчетного принимается Rз = 4 Ом.

1. Значение сопротивления растеканию естественного заземлителя дано в условии задачи и равно 7 Ом.
2. Сопротивление искусственного заземлителя с учетом использования водопровода в качестве параллельной ветви заземления определяется по формуле



 Ом

1. Рекомендуемое для предварительных расчетов удельное сопротивление грунта в месте сооружения заземлителя – суглинка – по таблице 49 составляет 100 Ом. Повышающие коэффициенты для климатической зоны 2 по таблице 50 принимаем равным 3,6 для горизонтальных протяженных электродов при глубине заложения 0,8 м и 1,7 для вертикальных стержневых электродов при глубине заложения их вершин 0,5 – 0,8 м.

Расчетные удельные сопротивления грунта:

* для горизонтальных электродов

 Ом·м;

* для вертикальных электродов

 Ом·м.

1. Определяют сопротивление растеканию одного стержня диаметром 25 мм и длиной 2,5 м при погружении его ниже уровня земли на 0,7 м по формуле из таблицы 52



Ом.

1. Определяют примерное число вертикальных заземлителей при предварительно выбранном коэффициенте использования ки.в.з.= 0,88 (таблица 53)



1. Определяют сопротивление растеканию горизонтальных электродов из круглой стали диаметром 25 мм, приваренных к верхним концам вертикальных стержней по формуле из таблицы 52



Ом.

1. Находят действительное сопротивление растеканию горизонтальных электродов с учетом экранирования. Коэффициент использования горизонтальных стержней при числе вертикальных стержней 6 и отношении  по таблице 55 равен 0,48. Тогда

 Ом.

1. Уточненное сопротивление вертикальных электродов

 Ом

1. Уточненное число вертикальных электродов определяют при коэффициенте использования ки.в.э.= 0,75 из таблицы 53 при n=6 и :



Окончательно принимают 7 вертикальных стержней.

#### *Ход работы*

1. Определить по выданному преподавателем плану трансформаторной подстанции конфигурацию заземляющего устройства.
2. Определить требуемое нормативными документами сопротивление заземляющего устройства.
3. При наличии на трансформаторной подстанции естественных заземлителей определить значение сопротивления растеканию естественного заземлителя.
4. Определить сопротивление искусственного заземлителя с учетом использования естественных заземлителей.
5. Определить рекомендуемые и расчетные удельные сопротивления грунта.
6. Определить сопротивление растеканию вертикального заземлителя выбранного диаметра и длины.
7. Определить примерное число вертикальных заземлителей.
8. Определить сопротивление растеканию горизонтального электрода.
9. Определить уточненное число вертикальных электродов.
10. Сдать практическую работу в указанные преподавателем сроки.

*Примечание:* для выполнения практической работы можно использовать рабочую тетрадь по МДК 02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий».

### Практическая работа № 14

**Расчет электрических нагрузок гражданского здания**

*Цель работы*: научиться определять расчетные нагрузки гражданского здания

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

Расчетная электрическая нагрузка квартир *Р*кв кВт, приведенная к вводу жилого дома определяется по формуле

Ркв = Ркв. уд. ⋅ n

где *Р*кв. уд. - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (зданий) по таблице 56, кВт/квартира;

*n* - количество квартир.

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников)Pр.ж.д , кВт, определяется по формуле

Pр.ж.д = Pкв + kу Pс ,

где Pкв - расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт;

Pс - расчетная нагрузка силовых электроприемников жилого дома, кВт;

kу - коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников (равен 0,9).

Расчетная электрическая нагрузка жилых зданий микрорайона (квартала) *P*p.мр., кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП ориентировочно может определяться по формуле:

Pp.мр. = Pp.ж.зд. уд. S ⋅ 10-3

где Рр.ж.зд.уд. - удельная расчетная нагрузка жилых зданий, Вт/м2 (таблица 57);

S - общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м2.

Таблица 56 – Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартира

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№  п.п. | Потребители  электроэнергии | Количество квартир | | | | | | | | | | | | | |
| 1-3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 24 | 40 | 60 | 100 | 200 | 400 | 600 | 1000 |
| 1 | Квартиры с плитами\*: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | - на природном газе | 4,5 | 2,8 | 2,3 | 2 | 1,8 | 1,65 | 1,4 | 1,2 | 1,05 | 0,85 | 0,77 | 0,71 | 0,69 | 0,67 |
|  | - на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе | 6 | 3,4 | 2,9 | 2,5 | 2,2 | 2 | 1,8 | 1,4 | 1,3 | 1,08 | 1 | 0,92 | 0,84 | 0,76 |
|  | электрическими мощностью до 8,5 кВт | 10 | 5,9 | 4,9 | 4,3 | 3,9 | 3,7 | 3,1 | 2,6 | 2,1 | 1,5 | 1,36 | 1,27 | 1,23 | 1,19 |
| 2. | Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт \*\* | 14 | 8,1 | 6,7 | 5,9 | 5,3 | 4,9 | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 1,95 | 1,83 | 1,72 | 1,67 | 1,62 |
|  | Домики на участках садоводческих товариществ | 4 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,76 | 0,69 | 0,61 | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,46 |

\* в зданиях по типовым проектам

\*\* рекомендуемые значения

Примечания:

1. Удельные расчетные нагрузки для промежуточного числа квартир определяется интерполяцией.
2. Удельные расчетные нагрузки квартир включают в себя нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.)
3. Удельные расчетные нагрузки приведены для квартир средней общей площадью 70 м2 (квартиры от 35 до 90 м2) в зданиях по типовым проектам и 150 м2 (квартиры от 100 до 300 м2) в зданиях по индивидуальным проектам с квартирами повышенной комфортности.
4. Допускается определять расчетную электрическую нагрузку квартир повышенной комфортности по проекту внутреннего электрооборудования квартиры (здания) в зависимости от набора устанавливаемых приборов и режима их работы, характеризующегося средней вероятностью включения (коэффициентом спроса) и несовпадения хозяйствен­ных работ в квартире.
5. Удельные расчетные нагрузки не учитывают покомнатное расселение семей в квартире.
6. Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электроводонагревателей и бытовых кондиционеров (для элитных квартир нагрузка кондиционеров учитывается).
7. Для определения при необходимости утреннего или дневного максимума нагрузок следует применять коэффициенты:

0,7 - для жилых зданий с электрическими плитами;

0,5 - для жилых зданий с плитами на сжиженном газе и твердом топливе.

1. Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить умножив приведенные в таблице нагрузки зимнего максимума на коэффициенты:

0,7 - для квартир с плитами на природном газе;

0,6 - для квартир с плитами на сжиженном газе и твердом топливе;

0,8 - для квартир с электрическими плитами.

Таблица 57 – Удельные расчетные электрические нагрузки, Вт/м2, жилых зданий на шинах 0,4 кВ ТП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №.  п.п. | Этажность  застройки | Здание с плитами | | |
| на природном газе | на сжиженном газе или твердом топливе | электрическими |
| 1. | 1-2 этажа | 15,0/0,96 | 18,4/0,96 | 20,7/0,98 |
| 2. | 3-5 этажей | 15,8/0,96 | 19,3/0,96 | 20,8/0,98 |
| 3. | Более 5 этажей с долей квартир выше 6 этажей |  |  |  |
|  | 20% | 15,6/0,94 | 17,2/0,94 | 20,2/0,97 |
|  | 50% | 16,3/0,93 | 17,9/0,93 | 20,9/0,97 |
|  | 100% | 17,4/0,92 | 19,0/0,92 | 21,8/0,96 |
| 4. | Более 5 этажей с квартирами повышенной комфортности (элитными) | - | - | 17,8/0,96 |

Примечания:

1. В таблице учтены нагрузки насосов систем отопления, горячего снабжения и подкачки воды, установленных в ЦТП, или индивидуальных в каждом здании, лифтов и наружного освещения территории микрорайонов и не учтены нагрузки электроотопления, электроводонагрева и бытовых кондиционеров воздуха.
2. Удельные нагрузки определены исходя из средней общей площади квартир 70 м2 в зданиях по типовым проектам и 150 м2 - для квартир повышенной комфортности (элитных) в зданиях по индивидуальным проектам и относятся к расчетному сроку концепции (схемы) развития.
3. В знаменателе приведены значения коэффициента мощности.
4. При определении электрических нагрузок в существующих или проектируемых районах со средней площадью квартир 55 м2 величины удельных нагрузок, приведенных в таблице 57 умножаются на коэффициент 1,3.

Полная расчетная мощность SР, кВА, определяется по формуле



где cosφ – коэффициент мощности (принимается по таблице 58).

Таблица 58 – Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Потребитель электроэнергии | cos ϕ | tg ϕ |
| Квартиры с электрическими плитами | 0,98 | 0,2 |
| Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе | 0,96 | 0,29 |

#### *Ход работы*

1. Необходимые исходные данные определить по таблице 59 в соответствии с индивидуальным вариантом.
2. Определить:
   1. расчетную электрическую нагрузку квартир, приведенную к вводу жилого дома Ркв;
   2. расчетную электрическую нагрузку жилого дома Pр.ж.д;
   3. расчетную электрическую нагрузку жилых домов микрорайона Pp.мр.;
   4. полную расчетную мощность жилых домов микрорайона Sр.
3. Сдать практическую работу в указанные преподавателем сроки.

Таблица 59 –Исходные данные для практической работы №14

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Квартиры  с плитами | Количество квартир  в жилом доме | Расчетная нагрузка  силовых электроприемников  жилого дома Рс, кВт | Этажность  застройки | Общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала) S, м2 |
|  | на природном газе | 24 | 18 | 2 | 10000 |
|  | электрическими | 24 | 16 | 2 | 12500 |
|  | на природном газе | 36 | 20 | 3 | 15000 |
|  | электрическими | 36 | 18 | 3 | 18500 |
|  | на природном газе | 48 | 22 | 4 | 24000 |
|  | электрическими | 48 | 20 | 4 | 24500 |
|  | на природном газе | 50 | 24 | 5 | 35000 |
|  | электрическими | 50 | 22 | 5 | 45500 |
|  | на природном газе | 60 | 26 | 9 (20%) | 56000 |
|  | электрическими | 60 | 24 | 10 (20%) | 56500 |
|  | на природном газе | 70 | 28 | 9 (50%) | 70000 |
|  | электрическими | 70 | 26 | 10 (50%) | 75000 |
|  | на природном газе | 80 | 30 | 9 (100%) | 80000 |
|  | электрическими | 80 | 28 | 10 (100%) | 85000 |
|  | электрическими | 90 | 32 | 10 (20%) | 90000 |
|  | электрическими | 90 | 30 | 10 (50%) | 95000 |
|  | электрическими | 100 | 34 | 10 (100%) | 100000 |
|  | электрическими | 100 | 32 | 14 (20%) | 150000 |
|  | электрическими | 150 | 36 | 14 (50%) | 200000 |
|  | электрическими | 150 | 34 | 14 (100%) | 250000 |
|  | электрическими | 200 | 38 | 16 (20%) | 200000 |
|  | электрическими | 200 | 36 | 16 (50%) | 250000 |
|  | электрическими | 300 | 40 | 16 (100%) | 300000 |
|  | электрическими | 300 | 38 | 24 (20%) | 350000 |
|  | электрическими | 400 | 42 | 24 (50%) | 300000 |
|  | электрическими | 400 | 40 | 24 (100%) | 350000 |
|  | электрическими | 500 | 44 | 9 (20%) | 500000 |
|  | электрическими | 500 | 42 | 9 (50%) | 550000 |
|  | электрическими | 600 | 46 | 9 (100%) | 600000 |
|  | электрическими | 600 | 44 | 10 (50%) | 650000 |

### Практическая работа № 15

**Расчет осветительных сетей гражданского здания**

|  |  |
| --- | --- |
| *Цель работы:* | 1. научиться рассчитывать токи групп осветительного щитка и токи аппаратов защиты; 2. научиться выбирать аппараты защиты и сечения проводников (используя справочную литературу). |

**В результате выполнения практической работы формируются:**

*знания:*

* основных методов расчета и условий выбора электрооборудования;
* правил оформления текстовых документов;

*умения:*

* выполнять расчет электрических нагрузок;

*элементы следующих компетенций:*

ПК 2.4 Участвовать в проектировании силового и осветительного электрообору-дования.

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке;

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

***Теоретический материал***

1. Коэффициент спроса для расчета нагрузок рабочего освещения питающей сети и вводов общественных зданий следует принимать по таблице 60.

Таблица 60 – Значения коэффициента спроса для расчета нагрузок рабочего освещения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Организации, предприятия и учреждения | *К*с.о в зависимости от установленной мощности  рабочего освещения, кВт | | | | | | | | |
| до 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | св. 500 |
| 1 | Предприятия общественного питания, детские ясли-сады, учебно-производственные мастерские профтехучилищ | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,5 |

Продолжение таблицы 60

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Организации, предприятия и учреждения | *К*с.о в зависимости от установленной мощности  рабочего освещения, кВт | | | | | | | | |
| до 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | св. 500 |
| 2 | Организации и учреждения управления, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные здания профтехучилищ, предприятия бытового обслуживания, торговли, парикмахерские | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 |
| Примечание - Коэффициент спроса для установленной мощности рабочего освещения, не указанной в таблице, опреде­ляется интерполяцией. | | | | | | | | | | |

2. Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, распределительных и групповых сетей эвакуационного и аварийного освещения зданий, освещения витрин и световой рекламы следует принимать равным 1.

3. Коэффициент спроса для расчета электрических нагрузок линий, питающих постановочное освещение в залах, клубах и домах культуры, следует принимать равным 0,35 для регулируемого освещения эстрады и 0,2 - для нерегулируемого.

4. Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки Рр.р кВт, следует определять по формуле

Рр.р = Кс.р Ру.р *n*,

где Кс.р - расчетный коэффициент спроса, принимаемый по таблице 61;

Ру.р - установленная мощность розетки, принимаемая 0,6 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

*n* - число розеток.

Таблица 61 – Значения коэффициента спроса линий, питающих розетки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Организации, предприятия и учреждения | *К*с.р | | |
| групповые сети | питающие сети | вводы зданий |
| 1 | Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, научно-исследователь-ские институты, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные здания профтехучилищ | 1 | 0,2 | 0,1 |
| 2 | Гостиницы1, обеденные залы ресторанов, кафе и столовых, предприятия бытового обслуживания, библиотеки, архивы | 1 | 0,4 | 0,2 |

5. При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку Рр.о, кВт, следует определять по формуле

Рр.о = Р'р.о + Рр.р

где Р'р.о - расчетная нагрузка линий общего освещения, кВт;

Рр.р - расчетная нагрузка розеточной сети, кВт.

6.Расчетный ток розеток Iр.р., А, определяется по формуле

где Uном – номинальное напряжение сети, кВ.

7. Расчетный ток освещения Ip.o., А, определяется по формуле

где – установленная мощность группы осветительной установки, Вт;

– коэффициент мощности ламп осветительной установки.

8. Расчетный ток осветительного щитка Iр.щит*.*, А, определяется по формуле

Iр.щит.=Iрр + Iро

9. Автоматические выключатели выбираются по следующим условиям.

а) Номинальный ток теплового расцепителя Iтр, А, определяется по формуле

Iтр ≥ ктр ∙ Iн.эп.

где ктр – коэффициент теплового расцепителя;

Iн.эп. – номинальный ток электроприемника, А.

б) Номинальный ток электромагнитного расцепителя *Iуэр*, А, определяется по формуле

Iуэр >1,2 ∙ Iпуск

гдеIуэр – ток электромагнитного расцепителя, А;

Iпуск– пусковой ток (принимается равным расчетному току линии), А.

#### *Ход работы*

1. Необходимые исходные данные определить по таблице 62 в соответствии с индивидуальным вариантом.
2. Начертить план помещения с указанием установленных светильников и розеток.
3. Определить:
   1. расчетную нагрузку линий общего освещения Р'р.о;
   2. расчетную нагрузку розеточной сети Рр.р;
   3. расчетный ток осветительного щитка Iр.щит;
   4. тип автоматического выключателя каждой группы и на вводе осветительного щитка;
   5. марку, количество жил и сечение кабелей питающей и групповых линий осветительного щитка с учетом защитных аппаратов линий;
4. Сдать практическую работу в указанные преподавателем сроки.

Таблица 62 – Исходные данные для практической работы №15

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Объект | Помещение | Вариант | Объект | Помещение |
| 1 | ЮУрГТК | аудитория 001 | 16 | ЮУрГТК | аудитория 204 |
| 2 | ЮУрГТК | аудитория 002 | 17 | ЮУрГТК | аудитория 205 |
| 3 | ЮУрГТК | аудитория 003 | 18 | ЮУрГТК | аудитория 206 |
| 4 | ЮУрГТК | аудитория 004 | 19 | ЮУрГТК | аудитория 210 |
| 5 | ЮУрГТК | аудитория 005 | 20 | ЮУрГТК | аудитория 211 |
| 6 | ЮУрГТК | аудитория 011 | 21 | ЮУрГТК | аудитория 214 |
| 7 | ЮУрГТК | аудитория 012 | 22 | ЮУрГТК | аудитория 215 |
| 8 | ЮУрГТК | аудитория 015 | 23 | ЮУрГТК | аудитория 216 |
| 9 | ЮУрГТК | аудитория 018 | 24 | ЮУрГТК | аудитория 217 |
| 10 | ЮУрГТК | аудитория 019 | 25 | ЮУрГТК | аудитория 218 |
| 11 | ЮУрГТК | аудитория 020 | 26 | ЮУрГТК | аудитория 219 |
| 12 | ЮУрГТК | аудитория 114 | 27 | ЮУрГТК | аудитория 220 |
| 13 | ЮУрГТК | аудитория 115 | 28 | ЮУрГТК | аудитория 314 |
| 14 | ЮУрГТК | аудитория 116 | 29 | ЮУрГТК | аудитория 318 |
| 15 | ЮУрГТК | аудитория 203 | 30 | ЮУрГТК | аудитория 319 |

**Список используемых источников**

1. ГОСТ 2.109-73\* ЕСКД Основные требования к чертежам.
2. ГОСТ 21.210-2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и электропроводок на планах.
3. ГОСТ 21.613-2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования.
4. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения.
5. ГОСТ 30331.2-95 (МЭК 364-3-93) Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики (аутентичен ГОСТ Р 50571.2-94 (МЭК 364-3-93))
6. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
7. ГОСТ Р 50571.3-2009 (МЭК 60364-4-41:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током
8. Правила устройства электроустановок – 7-е издание с изменен, испр. и доп. – Ч.: ИСЦ Дизайн-Бюро, 2004.
9. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
11. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа
12. Гнетова С.Н. Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий. Методические рекомендации по организации выполнения и защиты курсового проекта по МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий». – Ч.: ГБПОУ «ЮУрГТК», 2018.
13. Электронный образовательный ресурс МДК02.02 «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрооборудования промышленных и гражданских зданий» для специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» (<https://dom.sustec.ru/course/view.php?id=1051> –сайт дистанционного обучения ГБПОУ «Южно-Уральского государственного технического колледжа»)

**Приложение А**

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

# **Южно-Уральский государственный технический колледж**

##### ОТЧЕТНЫЕ РАБОТЫ

### по МДК02.02

### «Внутреннее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»

### ПМ.02 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке

### Электрооборудования промышленных и гражданских зданий»

### специальности 08.02.09

### «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

### промышленных и гражданских зданий»

###### Выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Вариант\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

###### Проверил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Челябинск, 2022